



**TUGAS AKHIR - TM141585**

**SIMULASI DAN PEMODELAN LALU  
LINTAS PADA SIMPANG BERSINYAL  
UNTUK MENGURANGI KERUGIAN  
ANTRIAN (STUDI KASUS  
PERSIMPANGAN JALAN SULAWESI,  
PASAR KEPUTERAN, DAN JALAN  
POLISI ISTIMEWA)**

**BENYAMIN INDRA PRAWIRA  
NRP 21 11 100 154**

**Dosen Pembimbing:  
Ir. Sudijono Kromodihardjo, M.Sc, Ph.D.**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017**



**TUGAS AKHIR - TM 141585**

**SIMULASI DAN PEMODELAN LALU LINTAS PADA  
SIMPANG BERSINYAL UNTUK MENGURANGI  
KERUGIAN ANTRIAN (STUDI KASUS  
PERSIMPANGAN JALAN SULAWESI, PASAR  
KEPUTERAN, DAN JALAN POLISI ISTIMEWA)**

Benyamin Indra Prawira  
NRP. 21 11 100 154

Dosen Pembimbing:  
Ir. Sudijono Kromodihardjo, M.Sc, Ph.D

JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2017



**FINAL PROJECT - TM 141585**

**TRAFFIC SIMULATION AND MODELLING AT  
SIGNALIZED INTERSECTIONS TO REDUCE LOSSES  
CAUSED BY QUEUEING (CASE STUDY AT  
SULAWESI ROAD INTERSECTION, KEPUTERAN  
MARKET INTERSECTION, AND POLISI ISTIMEWA  
ROAD INTERSECTION)**

Benyamin Indra Prawira  
NRP. 21 11 100 154

ACADEMIC ADVISOR:  
Ir. Sudijono Kromodihardjo, M.Sc, Ph.D

DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING  
FACULTY OF INDUSTRIAL ENGINEERING  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2017

**SIMULASI DAN PERMODELAN LALU LINTAS PADA  
SIMPANG BERSINYAL UNTUK MENGURANGI  
KERUGIAN ANTRIAN  
(STUDI KASUS : PERSIMPANGAN JALAN SULAWESI,  
PASAR KEPUTRAN, DAN JALAN POLISI ISTIMEWA)**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Mesin  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**BENYAMIN INDRA PRAWIRA**

NRP. 2111 100 154

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Ir.Sudijono Kromodihardjo,MSc, PhD. ..... (Pembimbing)  
NIP. 195208011978031005
2. Ir.Witantyo, M.Eng.Sc. ..... (Penguji I)  
NIP. 196303141988031002
3. Dr.Eng. Sutikno ,ST,MT. ..... (Penguji II)  
NIP. 197407032000031001
4. Ari Kurniawan Saputra, ST,MT. ..... (Penguji III)  
NIP. 198604012015041001



**SURABAYA**

**JANUARI, 2017**

***Simulasi dan Pemodelan Lalu Lintas pada Simpang Bersinyal Untuk Mengurangi Kerugian Antrian (Studi Kasus Persimpangan Jalan Sulawesi, Pasar Keputeran, dan Jalan Polisi Istimewa)***

***Nama Mahasiswa : Benyamin Indra Prawira***  
***NRP : 2111100154***  
***Jurusan : Teknik Mesin FTI - ITS***  
***Dosen Pembimbing : Ir. Sudijono Kromodihardjo, MSc.PhD***

***Abstrak***

*Di zaman modern ini, transportasi adalah bagian yang tidak dapat dipisahkan dari kegiatan manusia sehari-hari. Sesuai data yang dimiliki Satlantas Polrestabes Surabaya yang dikutip Jawa Pos tanggal 1 Desember 2014, jumlah panjang jalan di seluruh Surabaya hanya 2.096.690 meter atau 2.096,69 km saja. Namun, jumlah kendaraan bermotor meningkat pesat, dari sepeda motor, truk, mobil angkutan, dan mobil beban. Hingga September 2014, Saat ini jumlah kendaraan di Surabaya mencapai angka 4.5 juta atau tepatnya 4.521.629. Dengan rincian kendaraan roda dua mencapai 3.625.999 dan sisanya merupakan kendaraan roda empat atau lebih dengan total ada 915.630 kendaraan. Salah satu ruas jalan penting yang sering terjadi kemacetan adalah di Pasar Keputeran. Dari data Volume Lalu Lintas Harian Rata-rata Dinas Perhubungan Surabaya, perkembangan jumlah kendaraan bermotor yang melewati ruas jalan ini berkembang sangat pesat, terutama pada jumlah sepeda motor. Dari masalah tersebut di atas, maka harus dilakukan pencarian solusi, dan salah satu metode yang ditempuh adalah dengan melakukan simulasi. Dari simulasi ini, total delay time yang dialami setiap kendaraan di ruas jalan yang diteliti dapat diamati, untuk kemudian dibuat alternatif solusi rekayasa lalu lintas yang dibutuhkan untuk meminimalkan kerugian tersebut.*

*Metode perencanaan rekayasa lalu lintas dibahas menggunakan metode simulasi. Model referensi dibangun untuk merepresentasikan kondisi saat ini, dengan data input meliputi volume dan arus kendaraan, kapasitas jalan, siklus dan durasi lampu lalu lintas, dan waktu yang dibutuhkan kendaraan untuk menyebrang simpang. Kemudian dilakukan verifikasi model awal apakah sudah sesuai untuk mewakili sistem persimpangan pada keadaan sebenarnya. Jika model awal sudah dapat berjalan pada simulator dengan baik, selanjutnya membuat beberapa model solusi alternatif yang diberikan meliputi beberapa variasi yaitu dengan variasi durasi lampu lalu lintas, meniadakan hambatan dari simpangan-simpangan lain dan kombinasi dari alternatif-alternatif yang sudah dibangun dengan harapan total delay time dari tiap kendaraan berkurang.*

*Dari penulisan Tugas Akhir ini, didapatkan bahwa kombinasi waktu siklus lampu lalu lintas yang pendek dan pembuatan simpang bersinyal di ruas jalan dengan simpang tak bersinyal menghasilkan kerugian paling kecil, yaitu sebesar Rp. 39,974,245,200.*

***Kata kunci: Simulasi, Simpang Bersinyal, Total Kerugian, Rekayasa Lalu Lintas.***

***Traffic Simulation and Modelling at Signalized Intersections to Reduce Losses Caused By Queueing (Case Study at Sulawesi Road Intersection, Keputran Market Intersection, and Polisi Istimewa Road Intersection)***

***Student Name*** : ***Benyamin Indra Prawira***  
***NRP*** : ***2111100154***  
***Department*** : ***Mechanical Engineering***  
***Academic Advisor*** : ***Ir. Sudijono Kromodihardjo, MSc.Phd***

***Abstract***

*In these modern times, transportation is one of the key elements of daily activities. According to Satlantas Polrestabes Surabaya, quoted from Jawa Pos per 1 Desember 2014, the length of road in the city is just 2.096.690 meters, while the number of vehicles are rising, including motorcycles, lightweight vehicles and heavy vehicles. Up until September of 2014, the number of vehicles registered in the city is at 4.521.629, 3.625.999 of them are two-wheeled vehicles and 915.630 of four-wheeled or more vehicles. One of the busier roads preset in the city is at the Keputran Market intersection. From the data of Surabaya's Department of Transportation, the number of vehicles that are commuting through this roadway is rising in an alarming rate. To address this problem, one of the possible problem solving method is through simulation. From the simulation, the optimum alternative setting of intersection can be found and implemented at said roadways.*

*To create a proper simulation, a reference model must be built first. Said model is built with the aid of data that is the result of field observation. A certain set of variables, including vehicle volume, vehicle interarrival time, vehicle waiting time etc. must be thoroughly processed to derive a reference model that can be used to represent the real-time condition on the road. This process is called validation and verification. After said process is done, the simulator must build several alternative models to further experiment on what variables must be engineered to create the*

*most optimal intersection settings, the one that yields minimum losses. The variables include the traffic light cycle time, blocking certain roads etc.*

*From this experiment, it is derived that the best alternative to the problem at hand is to use short cycle times for the traffic light to yield less waiting time in expense of less disperse time, and to create signalized intersection in favor of unsignalized intersection to lower the volume of vehicles entering the busy road of Dinoyo. The total loss yielded from this alternative is Rp. 39,974,245,200, far below the total loss of the reference model, which is Rp. 70,692,478,020.*

***Keywords: Simulation, Signalized Intersection, Total Loss, Traffic Engineering.***



## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, dengan bantuan-Nya penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Simulasi dan Pemodelan Lalu Lintas Untuk Mengurangi Kerugian Antrian (Studi Kasus Pada Persimpangan Jalan Sulawesi, Pasar Keputeran, dan Jalan Polisi Istimewa). Tugas Akhir ini merupakan prasyarat kelulusan untuk mendapatkan gelar strata satu di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Dalam proses pembuatan Tugas Akhir ini, penulis tidak terlepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua tercinta, Petrus Boy Kartaatmadja dan Anastasia Tri Wahyuni, serta kakak Octafianus Citra Perkasa, Epivania Caroline Galag, dan Teguh Wicaksono atas dukungan yang telah diberikan.
2. Bapak Ir. Sudijono Kromodihardjo, M.Sc, Ph.D selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dan mengarahkan penulis selama satu tahun penulisan Tugas Akhir ini.
3. Teman-teman yang selalu mendukung proses pengerjaan Tugas Akhir ini, khususnya untuk teman-teman HNMUN 2016, Aidhil, Maulana, Ekky, Irfanda, Yosar, Hanifah, Darosa, Arum, dan Jojo, teman-teman KMK, teman-teman M54, dan teman-teman Laboratorium Simulasi Manufaktur.

Dalam penulisan Tugas Akhir ini, penulis menyadari bahwa penulisan Tugas Akhir ini masih memiliki kekurangan. Semoga penulisan Tugas Akhir ini tetap dapat bermanfaat bagi pembaca.

Surabaya, Januari 2017

Penulis

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b>	
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>	
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Permasalahan .....	3
1.3 Tujuan .....	3
1.4 Batasan Masalah .....	4
1.5 Metodologi .....	4
<b>BAB II DASAR TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA ..</b>	<b>7</b>
2.1 Tinjauan Pustaka .....	7
2.2 Dasar Teori.....	8
2.2.1 Teori Sistem.....	8
2.2.2 Pemodelan Simulasi .....	9
2.2.2.1 Model .....	10
2.2.2.2 Membangun Model .....	10
2.2.2.3 Simulasi .....	16
2.2.3 Teori Antrian .....	17
2.2.3.1 Disiplin Antrian .....	19
2.2.3.2 Model Struktur Antrian .....	20
2.2.4 <i>Discrete Event Simulation</i> .....	22
2.2.5 Karakteristik Lalu Lintas .....	25
2.2.5.1 Parameter-parameter Lalu Lintas .....	26
2.2.5.2 Kapasitas Jalan .....	27
2.2.6 Simpang ( <i>Intersection</i> ) dan Lampu Lalu Lintas	28
2.2.6.1 Simpang ( <i>Intersection</i> ) .....	28
2.2.6.2 Lampu Lalu Lintas.....	30
2.7 <i>Simulator</i> dan Extend <sup>TM</sup> .....	31

<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>33</b>
3.1 Diagram Alir Penelitian .....	33
3.2 Prosedur Penelitian .....	34
3.2.1 Identifikasi Permasalahan .....	34
3.2.2 Perumusan Masalah .....	35
3.2.3 Pengumpulan Data .....	35
3.2.4 Pembuatan Model Simulasi Awal .....	35
3.2.5 Verifikasi Model .....	36
3.2.6 <i>Running</i> dan Validasi Model .....	36
3.2.7 Pembuatan Model Alternatif dan Analisa.....	37
3.2.8 Penarikan Kesimpulan .....	37
<b>BAB IV PEMODELAN SISTEM DAN PENGOLAHAN</b>	
<b>DATA .....</b>	<b>39</b>
4.1 Gambaran Umum Sistem .....	39
4.2 Pengolahan Data .....	40
4.2.1 <i>Interarrival Time</i> dan Volume Kendaraan.....	40
4.2.2 Waktu Penyeberangan Jalan Kendaraan.....	42
4.2.3 Waktu Tunggu Rata-Rata Antrian .....	65
4.2.4 Data Kapasitas Jalan .....	66
4.2.5 Data Durasi Lampu Lalu Lintas dan Waktu Antrian	
.....	68
4.2.6 Persentase Pergerakan Kendaraan .....	69
4.3 Pembuatan Model Simulasi .....	72
4.3.1 Pembuatan Model Konseptual .....	72
4.3.2 Pembuatan Model Referensi .....	73
<b>BAB V ANALISA MODEL REFERENSI DAN</b>	
<b>ALTERNATIF .....</b>	<b>75</b>
5.1 Hipotesa Pemodelan.....	75
5.2 Pembahasan Model .....	75
5.3 Analisa Model Referensi.....	78
5.3.1 Analisa Kerugian.....	79
5.4 Model Alternatif .....	81
5.4.1 Alternatif 1: Penambahan Waktu Pada Siklus <i>Traffic</i>	
<i>Light</i> .....	81
5.4.2 Alternatif 2: Ruas Jalan Pajajaran Dijadikan Simpang	

Bersinyal.....	84
5.4.3 Alternatif 3: Penambahan Waktu Siklus Lampu Lalu Lintas .....	86
5.4.4 Alternatif 4: Pemendekan Waktu Siklus Lampu Lalu Lintas .....	89
5.4.5 Alternatif 5: Gabungan Modifikasi Pada Siklus Lampu Lalu Lintas dan Pembuatan Simpang Bersinyal Pada Ruas Jalan Pajajaran .....	92
5.5 Analisa Perbandingan Alternatif .....	93
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>95</b>
3.1 Kesimpulan .....	95
3.2 Saran .....	95
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>97</b>

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b>	Tabel Tingkat Pelayanan Simpang .....	19
<b>Tabel 2.2</b>	Tabel Nilai Konversi Kendaraan .....	19
<b>Tabel 4.1</b>	Volume dan <i>Interarrival Time</i> Kendaraan.....	26
<b>Tabel 4.2</b>	Waktu Penyeberangan Jalan Sulawesi - Dinoyo	27
<b>Tabel 4.3</b>	Waktu Penyeberangan Jalan Sulawesi - Pandegiling .....	27
<b>Tabel 4.4</b>	Waktu Penyeberangan Jalan Sulawesi - Keputeran.....	28
<b>Tabel 4.5</b>	Waktu Penyeberangan Jalan Dinoyo - Pandegiling .....	28
<b>Tabel 4.6</b>	Waktu Penyeberangan Jalan Dinoyo - Sulawesi	29
<b>Tabel 4.7</b>	Waktu Penyeberangan Jalan Dinoyo - Keputeran.....	29
<b>Tabel 4.8</b>	Waktu Penyeberangan Jalan Dinoyo - Arah Selatan.....	30
<b>Tabel 4.9</b>	Waktu Penyeberangan Jalan Dinoyo – Arah Utara .....	31
<b>Tabel 4.10</b>	Waktu Penyeberangan Jalan Pajajaran – Dinoyo	31
<b>Tabel 4.11</b>	Waktu Penyeberangan Jalan Pandegiling – Sulawesi .....	32
<b>Tabel 4.12</b>	Waktu Penyeberangan Jalan Pandegiling – Dinoyo .....	32
<b>Tabel 4.13</b>	Waktu Penyeberangan Jalan Pandegiling – Keputeran.....	33
<b>Tabel 4.14</b>	Waktu Penyeberangan Jalan Keputeran – Dinoyo .....	34
<b>Tabel 4.15</b>	Waktu Penyeberangan Jalan Keputeran – Pandegiling .....	35
<b>Tabel 4.16</b>	Waktu Penyeberangan Jalan Keputeran – Sulawesi .....	36
<b>Tabel 4.17</b>	Waktu Penyeberangan Jalan Sulawesi (I) – Sulawesi (II).....	37

<b>Tabel 4.18</b>	Waktu Penyeberangan Jalan Sulawesi (II) – Sulawesi (TL).....	38
<b>Tabel 4.19</b>	Waktu Penyeberangan Jalan Sulawesi (TL) – Sulawesi (II).....	39
<b>Tabel 4.20</b>	Waktu Penyeberangan Jalan Dinoyo Selatan – Jalan Polisi Istimewa .....	40
<b>Tabel 4.21</b>	Waktu Penyeberangan Jalan Ngagel - Sumatera	41
<b>Tabel 4.22</b>	Waktu Penyeberangan Jalan Ngagel – Sulawesi (III) .....	42
<b>Tabel 4.23</b>	Waktu Penyeberangan Jalan Sumatera – Ngagel	43
<b>Tabel 4.24</b>	Waktu Penyeberangan Jalan Sumatera – Sulawesi (III) .....	44
<b>Tabel 4.25</b>	Waktu Penyeberangan Jalan Dinoyo Arah Utara	45
<b>Tabel 4.26</b>	Waktu Tunggu Rata-rata Antrian.....	46
<b>Tabel 4.27</b>	Tabel Kapasitas Jalan.....	47
<b>Tabel 4.28</b>	Waktu Pergerakan Kendaraan Ruas Jalan Sulawesi – Ngagel - Sumatera .....	50
<b>Tabel 4.29</b>	Waktu Pergerakan Kendaraan Ruas Jalan Pasar Keputeran.....	50
<b>Tabel 4.30</b>	Waktu Pergerakan Kendaraan Ruas Jalan Dinoyo – Polisi Istimewa.....	51
<b>Tabel 5.1</b>	Perbandingan <i>Average Waiting Time</i> Model dan Riil .....	56
<b>Tabel 5.2</b>	Analisa Kerugian Ruas Jalan yang Diamati Pada <i>Peak Time</i> .....	57
<b>Tabel 5.3</b>	Analisa Kerugian Ruas Jalan yang Diamati Pada Jam Biasa .....	58
<b>Tabel 5.4</b>	Analisa Kerugian Alternatif Pertama <i>Peak Time</i>	60
<b>Tabel 5.5</b>	Analisa Kerugian Alternatif Pertama Jam Biasa.	60
<b>Tabel 5.6</b>	Analisa Kerugian Alternatif Kedua <i>Peak Time</i> ...	62
<b>Tabel 5.7</b>	Analisa Kerugian Alternatif Kedua Jam Biasa ...	53
<b>Tabel 5.8</b>	Analisa Kerugian Alternatif Ketiga <i>Peak Time</i> ..	64
<b>Tabel 5.9</b>	Analisa Kerugian Alternatif Ketiga Jam Biasa ...	65
<b>Tabel 5.10</b>	Analisa Kerugian Alternatif Keempat <i>Peak Time</i> .....	66



<b>Tabel 5.11</b>	Analisa Kerugian Alternatif Keempat Jam Biasa .....	67
<b>Tabel 5.12</b>	Analisa Kerugian Alternatif Kelima <i>Peak Time</i> .	68
<b>Tabel 5.13</b>	Analisa Kerugian Alternatif Kelima Jam Biasa..	69

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.1</b>	Layout Persimpangan yang Diamati .....	2
<b>Gambar 2.1</b>	Jenis Antrian <i>Single Channel – Single Phase</i>	20
<b>Gambar 2.2</b>	Jenis Antrian <i>Single Channel –Multi Phase ..</i>	21
<b>Gambar 2.3</b>	Jenis Antrian <i>Multi Channel –Single Phase ..</i>	21
<b>Gambar 2.4</b>	Jenis Antrian <i>Multi Channel – Multi Phase ..</i>	22
<b>Gambar 2.5</b>	Contoh Penggunaan Extend <sup>TM</sup> .....	31
<b>Gambar 3.1</b>	Diagram Alir Penelitian.....	34
<b>Gambar 4.1</b>	<i>Layout</i> Persimpangan yang Diamati.....	39
<b>Gambar 4.2</b>	Rute Penyeberangan Jalan Sulawesi - Dinoyo .....	42
<b>Gambar 4.3</b>	Rute Penyeberangan Jalan Sulawesi – Pandegiling .....	43
<b>Gambar 4.4</b>	Rute Penyeberangan Jalan Sulawesi – Keputeran.....	44
<b>Gambar 4.5</b>	Rute Penyeberangan Jalan Dinoyo - Pandegiling .....	45
<b>Gambar 4.6</b>	Rute Penyeberangan Jalan Dinoyo – Sulawesi.....	46
<b>Gambar 4.7</b>	Rute Penyeberangan Jalan Dinoyo – Keputeran.....	47
<b>Gambar 4.8</b>	Rute Penyeberangan Jalan Dinoyo Arah Selatan .....	48
<b>Gambar 4.9</b>	Rute Penyeberangan Jalan Dinoyo Arah Utara .....	49
<b>Gambar 4.10</b>	Rute Penyeberangan Jalan Pajajaran – Dinoyo .....	50
<b>Gambar 4.11</b>	Rute Penyeberangan Pandegiling - Sulawesi.	51
<b>Gambar 4.12</b>	Rute Penyeberangan Pandegiling – Dinoyo ..	52
<b>Gambar 4.13</b>	Rute Penyeberangan Pandegiling – Keputeran.....	53
<b>Gambar 4.14</b>	Rute Penyeberangan Keputeran - Dinoyo .....	54
<b>Gambar 4.15</b>	Rute Penyeberangan Keputeran – Pandegiling	55
<b>Gambar 4.16</b>	Rute Penyeberangan Keputeran - Sulawesi...	56

<b>Gambar 4.17</b>	Rute Penyeberangan Jalan Sulawesi (I) – Sulawesi (II ) .....	57
<b>Gambar 4.18</b>	Rute Penyeberangan Jalan Sulawesi (II) – Sulawesi (TL ) .....	58
<b>Gambar 4.19</b>	Rute Penyeberangan Jalan Sulawesi (TL) – Sulawesi (II ) .....	59
<b>Gambar 4.20</b>	Rute Penyeberangan Jalan Dinoyo Selatan – Polisi Istimewa .....	60
<b>Gambar 4.21</b>	Rute Penyeberangan Jalan Ngagel – Sumatera	61
<b>Gambar 4.22</b>	Rute Penyeberangan Jalan Ngagel – Sulawesi (II) .....	62
<b>Gambar 4.23</b>	Rute Penyeberangan Jalan Sumatera – Ngagel.....	63
<b>Gambar 4.24</b>	Rute Penyeberangan Jalan Sumatera – Sulawesi (III) .....	64
<b>Gambar 4.25</b>	Rute Penyeberangan Jalan Dinoyo Arah Utara (II).....	65
<b>Gambar 4.26</b>	Siklus Lampu Lalu Lintas Persimpangan Keputeran.....	68
<b>Gambar 4.27</b>	Siklus Lampu Lalu lintas Persimpangan Sulawesi – Ngagel - Sumatera.....	69
<b>Gambar 4.28</b>	Siklus Lampu Lalu lintas Persimpangan Dinoyo – Polisi Istimewa .....	69
<b>Gambar 4.29</b>	Model Konseptual Aliran Lalu Lintas Persimpangan Pasar Keputeran .....	72
<b>Gambar 5.1</b>	Model Persimpangan 1 .....	76
<b>Gambar 5.2</b>	Model Persimpangan 2 .....	76
<b>Gambar 5.3</b>	Model Persimpangan 3 .....	77
<b>Gambar 5.4</b>	Siklus Lampu Lalu Lintas Alternatif 1 .....	82
<b>Gambar 5.5</b>	Volume Kendaraan dari Jalan Pajajaran.....	84
<b>Gambar 5.6</b>	Pengaturan Siklus Lampu Lalu Lintas Variasi 2.....	85
<b>Gambar 5.7</b>	Siklus Lampu Lalu Lintas Persimpangan 1 Alternatif 3.....	87

<b>Gambar 5.8</b>	Siklus Lampu Lalu Lintas Persimpangan 2 Alternatif 3.....	87
<b>Gambar 5.9</b>	Siklus Lampu Lalu Lintas Persimpangan 3 Alternatif 3.....	87
<b>Gambar 5.10</b>	Siklus Lampu Lalu Lintas Persimpangan 1 Alternatif 4.....	89
<b>Gambar 5.11</b>	Siklus Lampu Lalu Lintas Persimpangan 2 Alternatif 4.....	90
<b>Gambar 5.12</b>	Siklus Lampu Lalu Lintas Persimpangan 3 Alternatif 4.....	90
<b>Gambar 5.13</b>	Grafik Perbandingan Total Kerugian Antar Alternatif dan Referensi.....	94

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **BAB 1**

### **PENDAHULUAN**

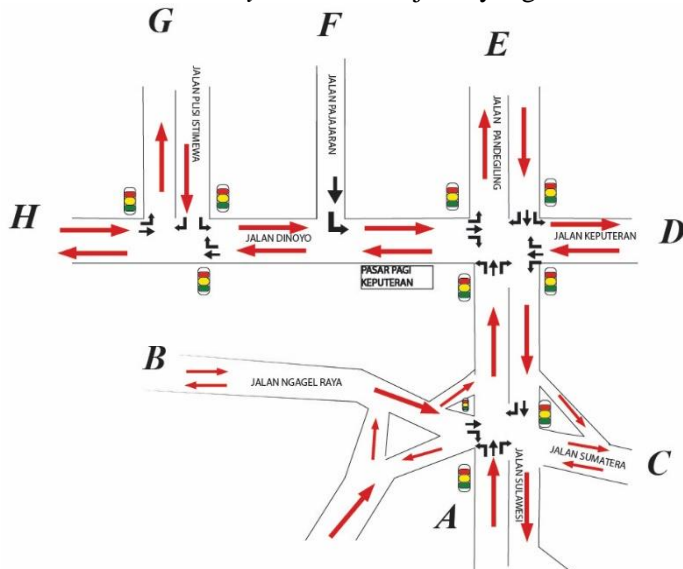
#### **1.1 Latar Belakang**

Di zaman modern ini, transportasi adalah bagian yang tidak dapat dipisahkan dari kegiatan manusia sehari-hari. Rekayasa lalu lintas menjadi penting karena untuk menjamin lalu lintas yang tertib dan optimal diharuskan ada elemen-elemen yang membantu mengatur lalu lintas. Lampu lalu lintas atau *traffic light* adalah salah satu elemen pengatur lalu lintas yang sering dijumpai, terutama di persimpangan jalan. *Traffic light*, dalam penggunaannya, biasanya harus ditentukan waktu nyala lampu merah dan lampu hijau, tergantung dari volume kendaraan yang melewati ruas jalan dimana lampu lalu lintas tersebut diletakkan, dan antara satu ruas jalan dan ruas jalan lain yang berhubungan akan dilakukan penyesuaian lamanya lampu merah dan lampu hijau menyala untuk memastikan arus lalu lintas yang baik. Sesuai data yang dimiliki Satlantas Polresta Surabaya yang dikutip Jawa Pos tanggal 1 Desember 2014, jumlah panjang jalan di seluruh Surabaya hanya 2.096.690 meter atau 2.096,69 km saja. Namun, jumlah kendaraan bermotor meningkat pesat, dari sepeda motor, truk, mobil angkutan, dan mobil beban. Hingga September 2014, Saat ini jumlah kendaraan di Surabaya mencapai angka 4,5 juta atau tepatnya 4.521.629. Dengan rincian kendaraan roda dua mencapai 3.625.999 dan sisanya merupakan kendaraan roda empat atau lebih dengan total ada 915.630 kendaraan.

Salah satu masalah yang terdapat pada ranah transportasi biasanya tidak lepas dari masalah kemacetan di jalan. Salah satu penyebab utama dari kemacetan adalah arus lalu lintas sebelum dan sesudah lampu lalu lintas yang tidak mengalir dengan baik. Masalah-masalah yang terkait dengan lampu lalu lintas biasanya terjadi di persimpangan jalan. Persimpangan jalan yang lama masing-masing lampu lalu lintasnya tidak diatur dengan baik dapat menyebabkan masalah-masalah transportasi, dan salah satunya adalah kemacetan. Salah satu persimpangan jalan dimana sering

terjadi kemacetan di Surabaya adalah di daerah Pasar Keputeran. Daerah ini banyak dilewati mobil dan sepeda motor, dan menjadi salah satu tempat dimana terdapat kemacetan yang cukup panjang. Untuk menanggulangi masalah ini, dapat dilakukan uji coba nyata, namun uji coba secara nyata akan sulit dilakukan, karena dapat memakan waktu yang lama dan biaya yang besar.

Untuk menanggulangi masalah tersebut, dapat dilakukan analisis dengan metode simulasi. Simulasi sendiri adalah proses peniruan dari keadaan nyata beserta dengan keadaan sekelilingnya, dengan menggunakan karakteristik-karakteristik kunci dari sebuah sistem yang akan didefinisikan. Simulasi akan menggunakan skenario “*what-if*”, dimana setelah sebuah sistem didefinisikan, entitas-entitas, baik acak maupun tertentu, dapat dimasukkan ke sistem tersebut untuk ditinjau proses dan outputnya, menjadikan simulasi sebagai alternatif dalam pembuatan *prototype* sebuah sistem. Gambar 1.1 adalah *layout* dari ruas jalan yang diamati.



Gambar 1.1 Layout Persimpangan yang Diamati



Pada studi kali ini, simulasi akan digunakan untuk membuat model yang mampu merepresentasikan persimpangan jalan, dan memberikan saran untuk mengoptimalkan arus lalu lintas pada persimpangan terkait. Yang akan ditinjau dari studi kasus ini adalah total kerugian yang terjadi pada ruas jalan yang diamati.

## **1.2 Permasalahan**

Permasalahan yang akan dibahas pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

- a) Bagaimana cara untuk mendapatkan data jumlah kendaraan masing-masing ruas jalan pada persimpangan terkait?
- b) Bagaimana cara menganalisa kerugian total yang terdapat pada masing-masing ruas jalan yang diamati?
- c) Bagaimana cara untuk membuat model simulasi yang dapat merepresentasikan dengan baik alur lalu lintas di persimpangan terkait?
- d) Bagaimana cara untuk mengolah dan menganalisa data output untuk dapat memberikan rekomendasi?

## **1.3 Tujuan**

Tujuan penyusunan Tugas Akhir ini adalah:

- a) Membuat model simulasi persimpangan yang merepresentasikan alur lalu lintas di persimpangan Sulawesi – Ngagel – Sumatera, persimpangan Pasar Keputeran dan persimpangan Jalan Dinoyo - Jalan Polisi Istimewa.
- b) Membuat beberapa model solusi alternatif untuk mengurangi waktu antrian dan total kerugian.
- c) Mengetahui kerugian total yang terdapat pada ruas jalan yang diamati.

- d) Mendapatkan model solusi alternatif yang terbaik.

#### 1.4 Batasan Masalah

Batasan-batasan masalah yang akan diterapkan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a) Persimpangan jalan yang akan ditinjau adalah persimpangan Jalan Sulawesi – Jalan Sumatera – Jalan Ngagel Raya, Jalan Sulawesi – Jalan Keputeran – Jalan Pandegiling – Jalan Dinoyo, dan juga persimpangan Jalan Dinoyo – Jalan Polisi Istimewa.
- b) Jenis kendaraan yang ditinjau adalah kendaraan roda empat yaitu mobil dan truk kecil, dan juga kendaraan roda dua berupa sepeda motor. Kendaraan lainnya seperti becak dan truk besar tidak ditinjau karena setelah ditinjau, jumlah kendaraan lain yang melewati ruas jalan ini tidak banyak sehingga dapat diabaikan.
- c) Pengambilan data dilakukan pada saat *peak time* yang ditentukan dari observasi, yaitu pukul 15.00 – 18.00
- d) Perangkat lunak yang akan digunakan dalam proses pembuatan model dan simulasi ini adalah *Extend<sup>TM</sup>*.

#### 1.5 Metodologi

Berikut ini adalah metodologi yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini :

- a) Studi literatur dan pemahaman masalah  
Pada tahap ini, dilakukan pencarian dan juga studi dari referensi-referensi yang sekiranya berhubungan dengan penelitian ini. Tahap ini merupakan tahap dimana penelitian dimulai, dan

juga pendekatan yang akan dilakukan untuk menyelesaikan masalah ini direncanakan.

b) Pengambilan dan analisa data

Setelah didapatkan pengetahuan yang diperlukan, tahap selanjutnya adalah untuk mengambil data-data yang diperlukan. Diperlukan perencanaan yang baik agar data-data yang didapatkan bersifat valid, baik dari cara pengambilannya maupun hasil pengambilannya.

c) Perancangan dan pembuatan model simulasi alur lalu lintas

Dengan data-data yang sudah didapatkan, model simulasi dapat mulai dirancang. Pada tahap ini, dilakukan Pemodelan sistem dengan penggunaan perangkat lunak untuk mensimulasikan arus lalu lintas pada persimpangan terkait.

d) Uji coba dan evaluasi

Pada tahap ini, model simulasi yang sudah dibuat dijalankan, kemudian dilakukan optimasi dengan harapan untuk membuat arus lalu lintas yang direpresentasikan oleh model dapat berjalan dengan lebih lancar. Kemudian setelah didapatkan hasil simulasi yang optimal, dilakukan evaluasi untuk rekomendasi agar kualitas lalu lintas dapat meningkat.

e) Penyusunan laporan Tugas Akhir

Tahap ini merupakan tahap terakhir dalam penelitian ini, dimana data-data serta hasil penelitian disusun menjadi sebuah laporan, sebagai syarat pemenuhan mata kuliah Tugas Akhir di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

**Monica Voinescu, Andrea Udrea dan Simon Caramihai (2009)** telah melakukan penelitian sebelumnya dengan judul terkait, dengan hasil akhir berupa jurnal dengan judul *On Urban Traffic Modelling and Control*. Penelitian terkait dengan studi kasus diantara dua persimpangan jalan : *cross(X) junction* dan *T-junction* yang dihubungkan satu sama lain. Dengan jarak antara persimpangan 500 meter, penelitian ini menitikberatkan pada penyesuaian input dan output yang jamak, *traffic flow* dan juga durasi satu siklus durasi lampu lalu lintas. Tujuannya adalah untuk mengurangi kemacetan yang terjadi dengan menggunakan *reconfiguration control system*. Penyelesaian dari penelitian ini adalah dua analisa *modeling*, salah satunya disebut *sHybrid Petri Net*, dan salah satunya adalah simulasi model berdasarkan *continous equotation set* yang diimplemetasikan pada Matlab atau Simulink sebagai program *simulator*nya.

Kemudian penelitian penunjang lainnya Tugas Akhir ini adalah sebuah penelitian yang dilakukan oleh **Leonardo Pasini , Sandro Felixian dan Marco Giorgi (2005)**, dengan jurnal yang berjudul *Simulation Of Road System and Queuing network Models*. Penelitian ini dilakukan pada *traffic light system* pada sebuah kota kecil di tengah Italia. Pada penelitian ini memfokuskan pada pemodelan antrian untuk mengurangi waktu tunggu di *traffic light*. Hal ini dilakukan karena simulasi yang dilakukan menghasilkan data yang kompleks sehingga tidak dapat diselesaikan dengan persamaan matematika. Jadi, teknik ini dapat digunakan untuk mengetahui kebiasaan kendaraan pada system lalu lintas. Untuk merealisasikan simulasi antrian pada traffic light dilakukan dengan memperhatikan data yang sesuai dengan kenyataan. Sehingga dapat mengetahui kebiasaan arus lalu lintas kendaraan yang sesuai dan membandingkan dengan alternatif yang diberikan sehingga tahu *effect* dari alternative yang diberikan.

Penelitian yang hampir menyerupai studi kasus dalam Tugas Akhir ini dilakukan oleh **Khodakaram Salimifard and Mehdi Ansari (2013)** dalam jurnal berjudul *Modeling and Simulation of Urban Traffic Signals*. Penelitian ini merupakan *case study* yang dilakukan pada jalan di kota Bashehr, Iran . Fokus dari penelitian ini adalah *traffic signal control* yang sangat berpengaruh untuk mencapai manajemen lalu lintas yang baik. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengoptimalkan fungsi *traffic signal control* agar waktu antrian yang optimal. Arena merupakan simulator yang digunakan Khodakaram Salimifard and Mehdi Ansari untuk melakukan simulasi dari permasalahan ini. Walaupun arena bukan simulator yang khusus dibuat untuk simulasi *urban traffic control*. Mereka membuktikan bahwa simulator arena dapat digunakan pada permasalahan ini. Hasil dari penelitian ini juga dapat memperbaiki traffic signal control.

## 2.2 Dasar Teori

### 2.2.1 Teori Sistem

Sistem merupakan entitas yang memiliki pengertian berbeda-beda, tergantung dari konteks terapanannya. Pada *system engineering*, menurut jurnal *Systems Engineering Fundamentals*, Fort Belvoir (2001) sistem merupakan kumpulan dari berbagai macam entitas, dapat berupa manusia, produk, dan proses yang disusun untuk mencapai sebuah tujuan. Dalam ranah yang lebih luas, menurut Chung (2004) sistem dapat dibagi menjadi tiga, yaitu sebagai berikut :

- Sistem Peristiwa Diskrit (*Discrete Events System*)  
*Discrete systems event* memiliki pengertian bahwa kondisi model tidak dipengaruhi oleh fungsi waktu. Biasanya pada sistem ini, ditemukan jarak rentang waktu yang berbeda-beda pada tiap subsistem. Contoh: perakitan perangkat keras komputer.
- Sistem Peristiwa Kontinu (*Continuous Events System*)

Pada jenis sistem peristiwa kontinu, setiap subsistem mengalami perubahan terhadap waktu. Sistem ini biasanya terkait dengan sistem yang menggunakan material sejenis fluida. Karena jenis material yang sulit untuk diestimasi dalam satuan jumlah unit, biasanya untuk jenis sistem peristiwa kontinyu yang memang melibatkan material fluida atau sejenisnya, satuan yang digunakan adalah volume. Contoh: *biochemical plant processing*.

- Sistem Campuran

Pada sistem ini, terdapat gabungan antara sistem peristiwa diskrit dan sistem peristiwa kontinu. Pada waktu tertentu, sistem bersifat diskrit, lalu dapat berubah menjadi bersifat kontinu. Contoh: pabrik pengolahan kopi. Awalnya kopi berupa biji-bijian yang bersifat kontinyu. Pada akhir proses, biji-bijian tersebut *dipacking* ke dalam suatu wadah tertentu sehingga menjadi proses yang bersifat diskrit.

### 2.2.2 Pemodelan Simulasi

Pemodelan simulasi bisa dikatakan sebagai pembuatan representasi sederhana dari sebuah sistem, bukan sistem itu sendiri. Keuntungan dari melakukan Pemodelan simulasi adalah model-model ini tidak harus memiliki seluruh atribut dari sistem yang disimulasikan. Atribut-atribut yang berpengaruh secara signifikan dapat dilibatkan, dan mereka dapat disederhanakan, dikontrol, digeneralisasi, atau diidealkan. Untuk menjaga agar relevansi antara model dan sistem tetap valid, setelah dilakukan Pemodelan, model tersebut harus divalidasi, agar terlihat bahwa model tersebut memang representasi yang tepat dari sistem yang dimodelkan. Setelah validasi, dapat dilakukan analisis “*what-if*” dimana variabel-variabel dapat divariasikan ke dalam model sistem untuk

melihat reaksinya serta untuk penyusunan prediksi dan evaluasi alternatif.

Pemodelan simulasi ditujukan untuk mengevaluasi *subsystem* atau bagian kecil dari sebuah sistem besar, untuk mengetahui pengaruh dari suatu bagian kecil dari sistem terhadap keseluruhan sistem. Dapat ditinjau apabila ada pengaruh variasi baik internal maupun eksternal, menganalisa cara-cara peningkatan kinerja sistem, mengidentifikasi masalah dan menetapkan *constraint* untuk sistem, visualisasi operasi, dan dapat menjadi alternatif dari peninjauan analitis.

Dalam penerapannya, Pemodelan simulasi tetap harus diawali dengan perumusan masalah. Harus ditentukan apakah sistem yang akan dimodelkan memang cocok untuk disimulasikan. Ada beberapa model yang tidak cocok untuk disimulasikan, misalnya apabila penerapan analitis sederhana dapat digunakan untuk memecahkan masalahnya, atau apabila data yang diambil terlalu sedikit sehingga distribusi datanya tidak normal, atau apabila verifikasi dan validasi tidak dapat dilakukan.

### **2.2.2.1 Model**

Model, dalam dunia *engineering*, memiliki pengertian sebagai representasi dari sebuah masalah yang bersifat lebih sederhana, untuk melakukan analisis yang lebih komprehensif dan terkonsentrasi dalam penyelesaiannya (Ir. Torik, 2008). Karena kegunaannya sebagai media analisis yang lebih simpel, maka tidak semua karakteristik harus ada dalam model. Karakteristik yang dilibatkan hanyalah karakteristik integral yang mendefinisikan masalah pada sistem tersebut.

Berikut ini adalah beberapa jenis model:

#### **a) *Iconic Model***

Model ikonik memberikan visualisasi dari masalah yang ditinjau. Media visual ini dapat berupa grafik, foto udara, atau maket.



b) *Analog Model*

Model analog adalah model konsentrasi yang dapat didefinisikan melalui kesetaraan atau kemiripan gejala yang dimiliki oleh masalah dan milik model. Contoh dari model ini adalah memodelkan gelombang suara terhadap gelombang air, sehingga untuk memodelkan sebuah auditorium, dapat dibuat bak dangkal air yang digetarkan.

c) *Mathematic Model*

Model matematis menggunakan pernyataan kualitatif berupa persamaan matematis yang mewakili masalah. Model ini adalah model yang bersifat eksak, memberikan hasil kualitatif, memiliki aturan yang mengikat berupa rumus, yang memungkinkan pengembangan lebih lanjut melalui analisis rumus-rumus terkait.

### 2.2.2.2 Membangun Model

Pembangunan model merupakan tahap awal dari simulasi Pemodelan. Pada tahap ini, setelah pemahaman komprehensif mengenai masalah yang akan disimulasikan, dilakukan perencanaan pembangunan replika sistem yang akan ditinjau. Dalam pembangunan model, banyak faktor-faktor yang mempengaruhi, dan juga memiliki andil dalam penentuan jenis model yang akan dibuat. Faktor-faktor tersebut meliputi :

- Perubahan *event* pada sistem. Faktor ini menentukan jenis *event* apa yang akan digunakan berdasarkan data- data yang diambil. Ada 2 jenis perubahan *event* pada sistem, yaitu *discrete event simulation* dan *continuous event simulation*. Pada *discrete event system*, yang diamati adalah perubahan-perubahan diskrit dan *event* yang diamati berjumlah berhingga. Sedangkan pada

*continuous event simulation*, jumlah *event* bersifat tak berhingga.

- Sifat perubahan, stokhastik atau probabilistik, dan sifat distribusi.

Adapun langkah-langkah yang harus ditempuh dalam pembangunan model adalah sebagai berikut:

- a) Perumusan masalah dan rencana pemecahan  
Pada tahap ini, *scope* dari masalah yang akan dimodelkan dipelajari, ditinjau, dan kemudian dilakukan perencanaan langkah-langkah pemecahannya. Pada tahap ini ditentukan apakah simulasi yang akan dilakukan akan bersifat diskrit atau kontinu, berdasarkan jenis data yang akan diambil.
- b) Pengambilan data dan pembuatan model  
Setelah dilakukan perencanaan pemecahan masalah, data—data yang diperlukan diambil. Data harus diambil dengan batasan-batasan tertentu agar data yang terambil dapat mencirikan karakter-karakter utama yang ingin dimodelkan dan disimulasikan. Setelah data-data diambil dan dianggap sudah cocok dengan rencana simulasi yang akan dibuat, dilakukan pembuatan model simulasi dengan perangkat lunak.
- c) Verifikasi model  
Setelah model simulasi dibuat, maka harus dilakukan verifikasi untuk memastikan perencanaan sesuai dengan pelaksanaan pembuatan model. Verifikasi ini dapat dilakukan dengan melakukan peninjauan ulang, apakah setiap subsistem dari sistem besar yang akan disimulasikan sudah terdapat pada model, dan ketika model dijalankan untuk simulasi, tidak

terdapat *error* atau *warning*. Biasanya pendekatan untuk memastikan model berjalan dengan baik dan sesuai sistem nyata, tiap subsistem kembali dievaluasi. Evaluasi ini dapat meliputi kesesuaian data yang dimasukkan ke tiap subsistem, jenis data yang dimasukkan ke subsistem, dan juga evaluasi *linking* atau relasi antara satu subsistem dengan subsistem lainnya.

d) Uji validitas awal

Model yang sudah dibuat, harus melewati tahap validitas terlebih dahulu untuk menjamin bahwa model yang dibuat sudah dapat merepresentasikan sistem yang ingin ditinjau. Pada bagian ini, keseluruhan model dan data dianalisis, apabila terjadi *oversight* atau kekeliruan, maka data dan model kembali dievaluasi. Kesalahan bisa terdapat pada data atau pada model. Apabila model dirasa terlalu kompleks, dapat dilakukan *simplification* atau penyederhanaan untuk memudahkan simulasi, namun patut diingat bahwa penyederhanaan tidak boleh menghasilkan model yang salah. Untuk melakukan validasi, ada beberapa jenis tes yang bisa digunakan, sebagaimana dituliskan opada jurnal *Verification and Validation of Simulation Models*, Sargent (1998) sebagai berikut :

- *Animasi*: Konten grafis dari model yang disimulasikan dapat ditampilkan dan ditinjau.
- *Comparison to Other Model*: Dilakukan studi perbandingan, baik dengan model serupa yang sudah dianggap valid, maupun dengan studi analitis atau eksperimen.

- *Event Validity*: Peninjauan dan pengecekan sebuah *event* atau kejadian dalam sistem, dan membandingkannya dengan fenomena nyata dari bagian sistem yang disimulasikan.
- *Extreme Condition Test*: Struktur dan output dari simulasi harus masuk akal untuk segala kombinasi level dari faktor sistem yang sifatnya ekstrem. Contoh: apabila inventori *in-process* sama dengan nol, maka output produksi seharusnya juga nol.
- *Face Validity*: Jenis validasi ini adalah validasi yang melibatkan seorang *expert* atau ahli yang sudah memiliki pengetahuan yang lebih luas dalam mengolah data, pembuatan model, ataupun analisa keluarannya.
- *Internal Validity*: Dilakukan tes *variability* dengan menggunakan teori replikasi pada data stokastik. *Variability* yang besar menandakan
- *Multistage Validation*: Naylor dan Finger (1967) mengajukan tiga tahap proses validasi. Metode validasi ini terdiri dari (1) mengembangkan asumsi model dengan berdasar teori, observasi, pengetahuan umum dan fungsi, (2) memvalidasi asumsi model dimana mungkin untuk mengujinya secara empiris, dan (3) membandingkan/menguji hubungan

input-output model dengan sistem aktual.

- *Operational Graphics*: Selama simulasi berjalan, ditunjukkan beberapa grafik untuk *tracking* performa dari simulasi.

e) *Running*

Setelah model simulasi diverifikasi dan divalidasi, langkah selanjutnya adalah *running program* atau pelaksanaan eksekusi pada simulasi. Model simulasi yang sudah dibangun, dengan data-data terkait yang sudah dipastikan benar untuk pada tiap subsistem, dijalankan.

f) Uji validitas *output*

Setelah simulasi dijalankan, terdapat hasil keluaran atau *output* dari sistem. Sebelum diolah lebih lanjut, hasil keluaran ini harus diuji validitasnya. Hasil keluaran ini dicocokkan dengan dasar teori dan perkiraan dari penguji. Hasil keluaran yang baik harusnya serupa dengan dasar teori, dan memiliki kemiripan dengan data nyata yang diambil di lapangan.

g) Analisa *output*

Setelah hasil keluaran dinyatakan valid, maka tahap selanjutnya adalah melakukan analisa terhadap hasil tersebut. Analisa dilakukan sesuai dengan perencanaan awal untuk merumuskan rekomendasi yang akan diberikan sebagai hasil dari penelitian.

### 2.2.2.3 Simulasi

Menurut Kelton, simulasi memiliki pengertian proses perencanaan model dari sistem nyata dan berdasarkan perencanaan tersebut, menjalankan sebuah eksperimen yang bertujuan untuk

mendapatkan karakteristik dari sistem tersebut, serta untuk merencanakan pengaplikasian sistem tersebut dengan baimdan optimal (Law and Kelton, 2000). Berikut ini beberapa tujuan diadakannya simulasi:

- Sebagai sarana pemahaman karakteristik kerja sistem.
- Sebagai acuan untuk mencari kelemahan-kelemahan sistem, serta untuk melakukan rencana pengembangan sistem berdasarkan hasil yang diinginkan.
- Membuat sebuah *prototype* yang dapat menjadi acuan dari sistem faktual, dan menjadi sarana *trial and error* untuk mendapatkan hasil dari data-data yang berbeda-beda.
- Sarana pengujian konsep baru sebelum aktualisasinya ke pembangunan yang nyata.

Dalam proses permodelan simulasi, terdapat beberapa jenis model yang dapat disimulasikan berdasarkan dengan peristiwa yang dimodelkan, dan jenis data yang diambil. Berikut ini jenis-jenis model simulasi dan pengertiannya :

- Simulasi statis atau dinamis  
**Model simulasi statis** merupakan jenis model simulasi yang memodelkan atau membuat representasi sistem pada waktu yang sudah ditentukan. Pada model jenis ini, variabel waktu tidak memiliki pengaruh terhadap model sistem secara keseluruhan. Untuk jenis **model simulasi dinamis**, terdapat pengaruh waktu pada keseluruhan model sistem, mengakibatkan model yang terus menerus berubah seiring dengan fungsi waktu.
- Simulasi deterministik atau stokhastik  
Jenis **simulasi deterministik** adalah model simulasi yang memiliki faktor asumsi tanpa *data variability*, atau rentang perbedaan antara data satu dan lainnya ketika dilakukan pengambilan data. Data yang selalu seragam akan mengakibatkan hasil keluaran dari model

simulasi akan selalu sama kapanpun simulasi dijalankan. Sedangkan untuk jenis **model simulasi stokhastik**, entitas-entitas yang menjadi batasan pada model simulasi memiliki variabel acak atau *random* pada pengambilan data dalam proses. Karena hasil yang akan dikeluarkan oleh simulasi hampir bisa dipastikan akan berbeda dalam setiap pengambilan data, maka diperlukan eksekusi simulasi yang jamak, untuk kemudian mendapatkan nilai rata-ratanya.

- Simulasi diskrit atau kontinu

Pada **model simulasi kontinyu**, kondisi variabel berubah secara kontinyu, sebagai contoh aliran fluida dalam pipa, terbangnya pesawat udara, kondisi variabel posisi dan kecepatan yang berubah secara kontinyu. Pada **model simulasi diskrit**, kondisi variabel hanya berubah pada satu waktu tertentu saja.

### 2.2.3 Teori Antrian

Konsep teori antrian merupakan konsep yang sudah tidak asing dari aktivitas sehari-hari. Dari mulai antrian di *supermarket*, hingga antrian kapal pengangkut bahan mentah di pelabuhan, teori ini sudah menjadi hal yang krusial dalam ranah industri, terutama di bagian manajemen operasi. Antrian sendiri disebabkan oleh kebutuhan akan layanan yang melebihi kapasitas dan fasilitas layanan, sehingga pengguna layanan tidak mampu mendapatkan servis secara segera.

Rumus yang dibutuhkan untuk garis tunggu antrian memerlukan data *arrival rate* atau tingkat kedatangan input. Jenis data input yang datang ini, dapat datang dalam waktu yang definitif atau pasti, yang artinya input akan selalu masuk dalam kurun waktu tertentu. Biasanya jenis kedatangan input yang seperti ini terdapat pada industri dimana terdapat mesin yang dilibatkan dalam proses produksi. Pada proses semacam ini, kedatangan produk untuk diproses pada bagian selanjutnya biasanya sudah ditentukan waktunya. Pada banyak kasus dalam praktek, kedatangan unit/

pelanggan dalam antrian dengan unit/ pelanggan berikutnya bersifat variabel atau acak (random). Kedatangan yang sifatnya acak (random) banyak kita jumpai misalnya kedatangan nasabah di bank.

Pola kedatangan yang sifatnya acak dapat digambarkan dengan distribusi statistik dan dapat ditentukan dua cara yaitu:

- Analisa kedatangan terhadap fungsi waktu untuk mengetahui apakah waktu kedatangan unit/ pelanggan pada antrian memiliki *pattern* atau pola distribusi tertentu. Biasanya dalam simulasi, bisa digunakan distribusi eksponensial, namun untuk mendapatkan simulasi yang lebih akurat, data-data yang didapat bisa diproses terlebih dahulu untuk mendapatkan jenis pola distribusi statistik yang pasti.
- Analisa menggunakan basis variabel waktu (T) dan mencoba menentukan berapa banyak unit yang masuk ke dalam sistem dalam kurun waktu T. Secara spesifik biasanya diasumsikan bahwa jumlah kedatangan per satuan waktu mengikuti pola distribusi Poisson.

Contoh: Kedatangan digambarkan dalam jumlah satu waktu, dan bila kedatangan terjadi secara acak, informasi yang penting adalah Probabilitas  $n$  kedatangan dalam periode waktu tertentu, dimana  $n = 0, 1, 2, \dots$ . Jika kedatangan diasumsikan terjadi dengan kecepatan rata-rata yang konstan dan bebas satu sama lain disebut distribusi probabilitas Poisson. (Hendra Poerwanto, 2012)

### 2.2.3.1 Disiplin Antrian

Hal yang tidak terlepas dari teori antrian lainnya adalah baris tunggu atau garis antrian. Garis antrian bisa disebut juga dengan disiplin antrian, yang memiliki pengertian situasi pelayanan. Disiplin antrian bisa dibagi 2 jenis, yaitu disiplin *preemptive* dan disiplin *non preemptive*. Disiplin *preemptive* menggambarkan situasi dimana pelayan sedang melayani seseorang, kemudian beralih melayani orang yang diprioritaskan meskipun belum selesai melayani orang sebelumnya. Sementara



disiplin non preemptive menggambarkan situasi dimana pelayan akan menyelesaikan pelayanannya baru kemudian beralih melayani orang yang diprioritaskan. Selain itu, menurut Siagian (1987), ada 5 jenis disiplin pelayanan antrian yang digunakan, yaitu :

- *First Come First Served* (FCFS) atau *First In First Out* (FIFO) dengan pengertian, input yang masuk lebih dahulu akan dilayani terlebih dahulu.
- *Last Come First Served* (LCFS) atau *Last In First Out* (LIFO) artinya, yang tiba terakhir yang lebih dulu keluar. Misalnya, sistem antrian dalam elevator untuk lantai yang sama.
- *Service In Random Order* (SIRO) artinya, panggilan didasarkan pada peluang secara random, tidak soal siapa yang lebih dulu tiba.
- *Priority Service* (PS) artinya, prioritas pelayanan diberikan kepada pelanggan yang mempunyai prioritas lebih tinggi dibandingkan dengan pelanggan yang mempunyai prioritas lebih rendah, meskipun yang terakhir ini kemungkinan sudah lebih dahulu tiba dalam garis tunggu. Kejadian seperti ini kemungkinan disebabkan oleh beberapa hal, misalnya seseorang yang dalam keadaan penyakit lebih berat dibanding dengan orang lain dalam suatu tempat praktek dokter. (Hendra Poerwanto, 2012).

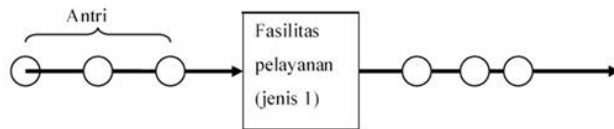
Dalam hal di atas telah dinyatakan bahwa entitas yang berada dalam garis tunggu tetap tinggal di sana sampai dilayani. Hal ini bisa saja tidak terjadi. Misalnya, seorang pembeli bisa menjadi tidak sabar menunggu antrian dan meninggalkan antrian. Untuk entitas yang meninggalkan antrian sebelum dilayani digunakan istilah pengingkaran (*reneging*). Pengingkaran dapat bergantung pada panjang garis tunggu atau lama waktu tunggu. Istilah penolakan (*balking*) dipakai untuk menjelaskan entitas yang menolak untuk bergabung dalam garis tunggu (Setiawan, 1991).

### 2.2.3.2 Model Struktur Antrian

Salah satu faktor penting lainnya dari teori antrian adalah model struktur antrian. Model struktur antrian adalah hubungan antara jalur masuk sistem dan pelayanan didalamnya. Berikut ini adalah jenis-jenis struktur antrian yang biasa digunakan pada teori antrian:

a. *Single channel – single phase*

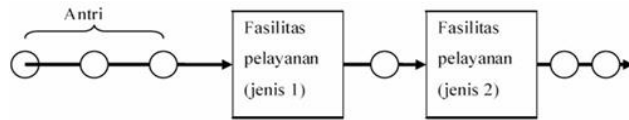
Jenis struktur antrian ini memiliki artian bahwa dalam satu antrian akan hanya ada satu jalur masuk dan satu unit pelayanan saja. Gambar 2.1 adalah gambar jenis antrian *single channel – single phase*.



Gambar 2.1 Jenis Antrian *Single Channel – Single Phase*

b. *Single channel – multi phase*

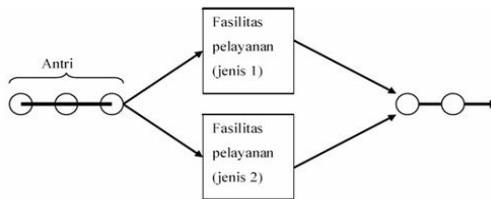
Struktur ini memiliki pengertian bahwa dalam satu antrian, akan ada pelayanan yang jamak, namun hanya dalam satu garis antrian. Biasanya tipe struktur ini digunakan untuk servis dimana membutuhkan pelayanan bertingkat. Contoh dari jenis struktur ini adalah pada proses antrian jasa cuci mobil. Gambar 2.2 adalah jenis antrian *single channel – multi phase*.



Gambar 2.2 Jenis Antrian *Single Channel –Multi Phase*

c. *Multi-channel – single phase*

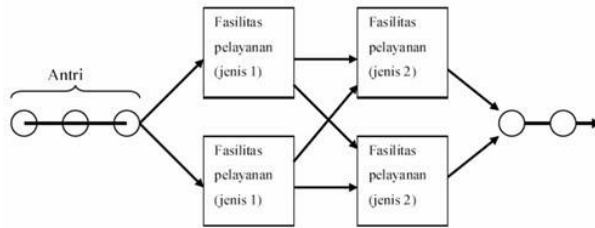
Sistem *Multi Channel – Single Phase* terjadi dimana ada dua atau lebih fasilitas pelayanan yang hanya memiliki satu garis antrian saja. Jenis antrian ini biasanya terdapat pada industri pelayanan, seperti misalnya pada *teller* di bank. Gambar 2.3 adalah gambar jenis antrian *multi channel – single phase*.



Gambar 2.3 Jenis Antrian *Multi Channel –Single Phase*

d. *Multi-channel multi-phase*

Sistem *Multi Channel – Multi Phase* Sebagai contoh, herregistrasi para mahasiswa di universitas, pelayanan kepada pasien di rumah sakit mulai dari pendaftaran, diagnosa, penyembuhan sampai pembayaran. Setiap sistem – sistem ini mempunyai beberapa fasilitas pelayanan pada setiap tahapnya (Subagyo, 2000). Gambar 2.4 adalah gambar jenis antrian *multi channel – multi phase*.



Gambar 2.4 Jenis Antrian *Multi Channel – Multi Phase*

### 2.2.4 Discrete Event Simulation

Jenis simulasi yang akan digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah *discrete event simulation*. Jenis simulasi diskrit ini adalah sistem yang dimodelkan memiliki variabel-variabel yang berubah pada suatu satuan waktu yang sudah ditentukan (Banks,2008). Untuk melaksanakan simulasi ini, akan digunakan data-data yang bersifat numerik, bukan data-data yang bersifat analitis. Berikut ini adalah langkah-langkah yang harus dilakukan untuk melakukan simulasi peristiwa diskrit :

- **Formulasi Masalah.**

Pada bagian awal dari pengerjaan simulasi peristiwa diskrit, dilakukan pernyataan masalah yang akan diangkat. Pelaku analisis harus mengerti dengan baik rentang kajian yang akan diangkat. Biasanya pelaku analisis sebelum melaksanakan Pemodelan simulasi harus sudah mengerti karakter dari model, memiliki diagnosis awal dari permasalahan yang ada di sistem, namun tidak menutup kemungkinan akan adanya perkembangan dari batasan-batasan masalah yang akan dilibatkan seiring dengan berjalannya penelitian.

- **Penentuan Tujuan dan Garis Besar Rencana Penelitian**

Tujuan dari penelitian akan menentukan faktor-faktor keluaran dari simulasi yang diharapkan. Pada tahap ini, setelah tujuan ditetapkan, sebaiknya ditentukan apakah simulasi memang metode yang tepat untuk menganalisis masalah yang diangkat. Garis besar rencana penelitian akan memiliki poin-poin penjawab masalah, seperti alternatif sistem yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah, dan juga metode untuk mengetahui tingkat efektifitas dari model alternatif yang dibangun.

- **Konseptualisasi Model**

Pada bagian ini, pelaku analisis akan melakukan ekstraksi bagian-bagian penting dari sebuah masalah, memilih dan melakukan modifikasi dari asumsi-asumsi dasar yang menjadi ciri khas sistem yang akan dimodelkan, dan melakukan analisis komprehensif terhadap sistem sampai ditemukan alternatif yang *feasible* atau layak. Perlu ditekankan bahwa tidak semua fitur dari sistem yang akan dimodelkan disertakan dalam model yang dibangun, hanya fitur-fitur yang menjadi ciri khas dari sistem saja.

- **Pengumpulan Data**

Tahap koleksi data merupakan tahap yang penting karena biasanya kompleksitas model sistem akan mempengaruhi data yang harus diambil. Biasanya akan lebih baik apabila pengambilan data dilakukan bersama dengan pembangunan model. Data yang diambil harus sesuai dengan tujuan penelitian, misalnya untuk simulasi antrian pada *teller* bank, maka dibutuhkan data seperti *interarrival time* dari pengunjung.

- **Penerjemahan Model**

Simulasi dari permasalahan yang ditarik dari kejadian nyata biasanya membutuhkan teknik komputasi yang baik. Maka, dari data-data yang terkumpul, dibutuhkan pembuatan sebuah dokumen yang dapat dikenali oleh komputer. Terdapat beberapa pilihan perangkat lunak *simulator* yang dapat memenuhi kriteria ini, misalnya seperti *ExtendSim<sup>TM</sup>*, *Arena*, *FlexSim*, *AutoMod*, dan lain-lain.

- **Verifikasi Model**

Verifikasi akan terkait dengan jenis pemrograman yang dipilih untuk melaksanakan simulasi. Apakah program yang sudah dibangun berjalan dengan baik? Apakah model ini mampu menjalankan perintah yang sudah ditentukan tanpa diperlukan adanya *debugging*? Apabila parameter-parameter masukan sudah dapat mencerminkan model sistem dengan baik, tahap verifikasi sudah dapat dinyatakan selesai dengan baik.

- **Validasi Model**

Istilah lain dari validasi model adalah kalibrasi. Kalibrasi ini dapat dilakukan dengan studi komparasi antara model yang dibangun dengan kondisi nyata sistem yang dimodelkan. Perbedaan-perbedaan dari kondisi nyata dan model sistem dapat digunakan untuk pengembangan lebih lanjut dari studi yang dilakukan.

- **Perencanaan Eksperimen**

Alternatif yang direncanakan sebagai solusi dari permasalahan harus ditentukan.

Untuk setiap simulasi alternatif yang dijalankan, harus dibuat sebuah keputusan yang bergantung pada durasi inisialisasi, lamanya simulasi berjalan, dan jumlah replikasi yang dilakukan.

- ***Run and Analyze.***

Pada tahap ini, simulasi yang sudah dibuat akan dijalankan. Tahap ini dilakukan untuk mengestimasi performa dari desain sistem yang sudah dibuat. Setelah dilakukan *running* pada simulasi, selanjutnya dilakukan analisis untuk menentukan solusi-solusi yang sudah direncanakan sebelumnya sesuai dengan tujuan, dan apa saja yang dapat dilakukan untuk mengembangkan sistem hingga tujuan akhir dapat dicapai.

Setelah tahap-tahap diatas dijalankan, selanjutnya dilakukan dokumentasi dan implementasi. Untuk mencapai hasil simulasi yang baik, tahap-tahap diatas harus dilakukan secara sekuensial dan harus selalu dimonitor.

## **2.2.5 Karakteristik Lalu Lintas**

Arus lalu lintas dibentuk oleh pengendara dan kendaraan sehingga terjalin suatu interaksi antara keduanya serta interaksi antara kedua komponen tersebut terhadap jalan dan lingkungan. Kendaraan yang memasuki suatu arus lalu lintas tidak mungkin berjalan secara seragam karena ketidaksamaan ketrampilan dan pengambilan keputusan oleh pengemudi.

### **2.2.5.1 Parameter-parameter Lalu Lintas**

Secara makroskopis arus lalu lintas dapat digambarkan dengan tiga parameter, yaitu:

#### **1. Kecepatan (V)**

Adalah laju dari suatu pergerakan kendaraan dihitung dalam jarak persatuan waktu.

Dirumuskan:

$$V = s/t$$

dimana

s = jarak yang ditempuh  
t = waktu yang  
dibutuhkan

## 2. Arus (*flow*) dan Volume

Arus adalah jumlah kendaraan yang melintasi ruas jalan pada suatu waktu yang pendek dan membedakan arah. Satuan arus adalah kendaraan/waktu atau smp/waktu.

Volume adalah jumlah kendaraan yang melintasi jalan dalam waktu yang panjang (24 jam) dan tidak membedakan arah. Besarnya volume diukur dalam satuan kendaraan/jam.

## 3. Kerapatan (*density*)

Kerapatan adalah jumlah kendaraan yang menempati suatu panjang jalan atau lajur dalam kendaraan per km atau kendaraan per km per lajur. Karena sulit diukur di lapangan maka dihitung berdasarkan nilai kecepatan dan arus.

Dirumuskan:

$$D = q/V_{sms}$$

Dimana : q = arus (kendaraan/jam)

$V_{sms}$  = *space mean speed* (km/jam)

### 2.2.5.2 Kapasitas Jalan

Menurut *Highway Capacity Manual* (HCM) 1965 “ *Capacity is the maximum number of vehicles that can pass in a given period time* “ sedangkan menurut Clark H. Oglesby (1990) Kapasitas suatu ruas jalan adalah jumlah kendaraan maksimum yang memiliki kemungkinan yang cukup untuk melewati ruas jalan tersebut (dalam satu ataupun kedua arah) dalam periode waktu tertentu.

Macam-Macam Kapasitas Jalan

#### a. Kapasitas Dasar (*Basic Capacity*)

Adalah jumlah kendaraan atau orang maksimum yang dapat melintasi suatu penampang jalan tertentu selama 1 jam pada kondisi jalan dan lalu lintas yang



ideal. Digunakan sebagai dasar perhitungan untuk kapasitas rencana. Kapasitas dasar merupakan kapasitas terbesar dibangun pada kondisi arus yang ideal.

b. Kapasitas Rencana (*Design Capacity*)

Adalah jumlah kendaraan atau orang maksimum yang dapat melintasi suatu penampang jalan tertentu selama 1 jam pada kondisi jalan dan lalu lintas yang sedang berlaku tanpa mengakibatkan kemacetan, kelambatan, dan bahaya yang masih dalam batas-batas yang diinginkan.

c. Kapasitas Yang Mungkin (*Possible Capacity*)

Jumlah kendaraan atau orang maksimum yang dapat melintasi suatu penampang jalan tertentu selama 1 jam pada kondisi jalan dan lalu lintas yang sedang berlaku (pada saat itu). Kapasitas ini lebih kecil dari kapasitas rencana.

## **2.2.6 Simpang (*Intersection*) Dan Lampu Lalu Lintas**

### **2.2.6.1 Simpang (*Intersection*)**

Simpang adalah suatu area kritis pada suatu jalan raya yang merupakan titik konflik dan tempat kemacetan karena bertemunya dua ruas jalan atau lebih (Pignataro, 1973).

Karena merupakan tempat terjadinya konflik dan kemacetan maka hampir semua simpang terutama di perkotaan membutuhkan pengaturan. Tujuan pengaturan simpang adalah:

1. Untuk mengurangi kecelakaan.

Simpang merupakan sumber konflik bagi pergerakan lalu lintas, sebab merupakan bertemunya beberapa pergerakan kendaraan dari berbagai arah menuju suatu area yang sama yaitu ruang di tengah simpang. Kondisi ini tidak menjadi masalah jika arus dari bagian pendekat tidak dating bersamaan. Namun kenyataannya sulit dijumpai pada persimpangan di perkotaan pada kenyataannya arus datang pada

saat bersamaan sehingga rawan terjadi kecelakaan atau konflik antar kendaraan.

Konflik kendaraan pada simpang terjadi karena:

- a) Gerak saling memotong (*crossing*).
- b) Gerak menggabung (*converging*).
- c) Gerak memisah (*diverging*).

## 2. Untuk meningkatkan kapasitas.

Karena terjadi konflik maka kapasitas simpang menjadi berkurang dan jauh lebih kecil dibandingkan dengan kapasitas pada pendekat.

Diharapkan dengan adanya pengaturan maka konflik bisa dikurangi dan akibatnya kapasitas meningkat.

## 3. Meminimumkan tundaan.

Pada suatu simpang yang terdiri dari dua macam arus pendekat yakni bagian utama (major) dan minor maka biasanya arus dari arah bagian utama merupakan arus menerus dengan kecepatan yang tinggi. Jika tanpa pengaturan maka arus yang datang dari arah minor akan sulit menyela terutama jika arus dari arah major cukup tinggi. Dengan demikian maka arus dari arah minor akan mengalami tundaan yang besar.

Sistem lalu lintas berfungsi untuk meningkatkan kualitas dan efisiensi pergerakan lalu lintas. Hal itu dapat ditempuh dengan melakukan koordinasi lampu lalu lintas pada semua pertemuan jalan. Koordinasi lampu akan menghasilkan system pengaturan yang optimal dengan mengatur jumlah fase, interval dan waktu hijau tiap fase. Yang dipakai sebagai jarak optimal adalah jarak tempuh, kecepatan perjalanan, biaya kelambatan dan biaya berhenti. Selain itu diharapkan polusi dan kebisingan lalu lintas menjadi minimal.

Tingkat pelayanan suatu simpang merupakan ukuran kualitas pelayanan simpang yang digambarkan sebagai rata-rata tundaan berhenti (stopped delay) per kendaraan untuk periode

pengamatan 15 menit. Tingkat pelayanan simpang secara lengkap dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Tingkat Pelayanan Simpang

Level of Service	Average delay time (s)
A	$\leq 10$
B	$> 10 - 20$
C	$> 20 - 35$
D	$> 35 - 55$
E	$> 55 - 80$
F	$> 80$

Kemudian, dibutuhkan data lalu lintas untuk melakukan Pemodelan lalu lintas ini. Data ini berupa data jumlah kendaraan dan arah pergerakannya. Pencatatan kendaraan dilakukan untuk setiap jenis kendaraan. Kemudian, untuk memastikan kendaraan yang berbeda dihitung dalam satuan yang sama, perlu dikonversikan ke dalam satuan mobil penumpang (SMP) yang mengonversikan berbagai jenis kendaraan menjadi *lightweight vehicle* yang nilai konversinya terdapat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Nilai Konversi Kendaraan

Tipe jalan: Jalan tak terbagi	Arus lalu-lintas total dua arah  (kend/jam)	emp		
		HV	MC	
			Lebar jalur lalu-lintas $W_C(m)$	
			$\leq 6$	$> 6$
Dua-lajur tak-terbagi (2/2 UD)	0	1,3	0,5	0,40
	$\geq 1800$	1,2	0,35	0,25
Empat-lajur tak-terbagi (4/2 UD)	0	1,3	0,40	
	$\geq 3700$	1,2	0,25	

### 2.2.6.2 Lampu Lalu Lintas

Lampu lalu lintas merupakan alat pengatur lalu lintas yang mempunyai fungsi utama sebagai pengatur hak berjalan

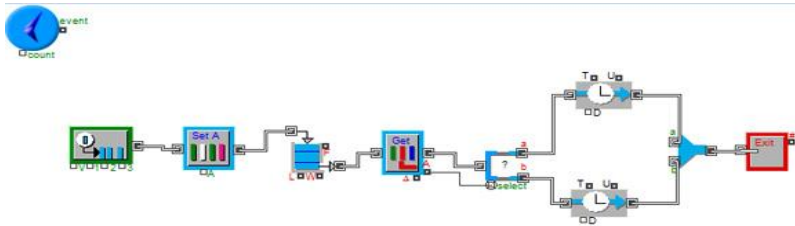
pergerakan lalu lintas (termasuk pejalan kaki) secara bergantian di pertemuan jalan. Lampu lalu lintas berfungsi untuk mengurangi adanya konflik antara berbagai pergerakan lalu lintas dengan cara memisahkan pergerakan-pergerakan tersebut dari segi ruang dan waktu. Dengan demikian, kapasitas pertemuan jalan dan tingkat keselamatan pemakai jalan akan meningkat. Perlu diingat bahwa waktu tunggu bagi suatu pergerakan menurut standar Inggris adalah terbatas yaitu maksimal 120 detik. (Siti Malkamah). Pemasangan lampu lalu lintas mengacu kepada :

- 1) Tundaan dari arah minor 30 detik selama 8 jam /hari.
- 2) Arus kendaraan dari masing-masing lengan 750 kendaraan/jam selama delapan jam dalam sehari.
- 3) Arus pejalan kaki dari masing-masing lenga 175orang/jam selama delapan jam dalam sehari.
- 4) Angka kecelakaan 5 kejadian pertahun.

### **2.2.7 Simulator & Extend™**

*Simulator* merupakan perangkat lunak komputer yang memungkinkan penggunaanya untuk untuk mensimulasikan sistem dengan sedikit atau tanpa pemrograman. Keuntungan dari penggunaan simulator adalah waktu yang relatif singkat dan penggunaan yang cukup mudah. Contoh dari simulator yang digunakan pada Tugas Akhir ini adalah Extend™. Simulator Extend™ dikembangkan oleh *Image That Inc*, sebuah perusahaan dari Amerika Serikat. Dengan menggunakan Extend™ kita mampu mengembangkan model dinamis dari berbagai proses sehari-hari.

Gambar 2.5 adalah contoh simulasi sistem diskrit sederhana dengan menggunakan Extend yang melibatkan *block generator*, *queue*, atribut dan *activity*.



Gambar 2.5 Contoh Penggunaan Extend™

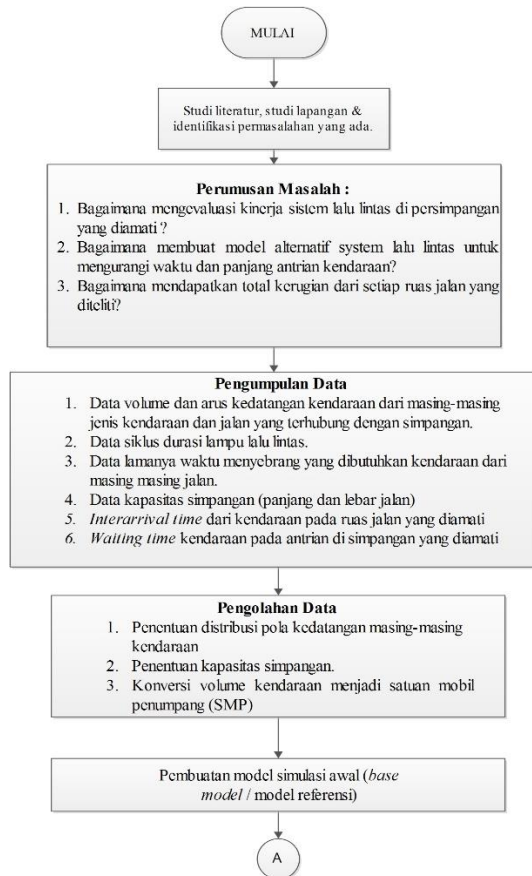
Dalam penggunaannya, *software* ini dapat digunakan untuk melakukan simulasi dalam berbagai jenis *problem solving*. Pada penelitian ini, digunakan *library* yang terkait dengan pengukuran *flow* dan *amount*.

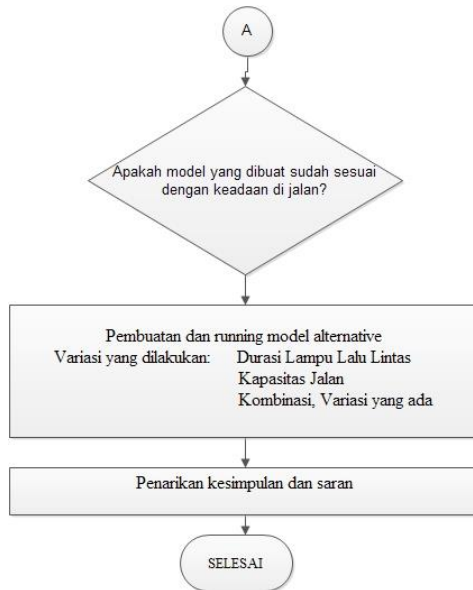
*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir percobaan dibuat untuk menjelaskan lebih lanjut metode yang dilakukan pada penelitian ini. Gambar 3.1 menunjukkan diagram alir dari penelitian yang dilakukan.





Gambar 1.1 Diagram Alir Penelitian

### 3.2 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian tugas akhir ini akan dibagi ke beberapa bagian, diantaranya adalah identifikasi permasalahan, perumusan permasalahan, pengumpulan data, pembuatan model simulasi awal, verifikasi model, *running* model simulasi dan validasi model, pembuatan model alternatif, *running* model alternatif dan analisa, dan penarikan kesimpulan.

#### 3.2.1 Identifikasi Permasalahan

Tahap awal dari penelitian tugas akhir ini adalah identifikasi permasalahan. Di tahap ini, peneliti mencari permasalahan yang patut untuk diangkat dan disimulasikan. Peneliti juga menentukan area spesifik yang akan ditentukan untuk diteliti. Hal yang mendasari identifikasi masalah merupakan latar belakang yang sudah dijelaskan pada bab I.



### 3.2.2 Perumusan Masalah

Setelah dilakukan studi komprehensif terhadap permasalahan yang mampu diangkat, peneliti melakukan perumusan masalah yang dijadikan objek pada Tugas Akhir ini. Objek inilah yang akan menjadi basis dari penelitian secara keseluruhan.

### 3.2.3 Pengumpulan Data

Tahap selanjutnya adalah pengumpulan data-data yang diperlukan untuk melaksanakan Pemodelan simulasi ini. Data-data yang diambil merupakan data-data yang bersifat eksklusif dan menjadi ciri khas permasalahan, untuk kemudian dibangun modelnya. Data-data yang diambil adalah sebagai berikut :

- Jumlah kendaraan yang melewati ruas jalan yang diamati
- *Interarrival time* kendaraan yang melewati ruas jalan yang diamati
- *Waiting time* dari kendaraan yang menunggu pada antrian persimpangan di ruas jalan yang diamati.
- Waktu rata-rata kendaraan menyeberangi ruas jalan yang diamati
- Probabilitas tiap kendaraan dalam melewati ruas jalan yang diamati.
- Hal-hal yang bersifat mengganggu arus lalu lintas berupa toko atau pasar tempat para penjual yang berada di lingkungan arus jalan yang diteliti berada, dan bagaimana hal itu dapat mengganggu arus lalu lintas.

### 3.2.4 Pembuatan Model Simulasi Awal

Setelah data dikumpulkan dan kemudian diolah, maka tahap selanjutnya adalah pembuatan model referensi. Model referensi berupa gambaran ilustratif yang menjelaskan arus lalu lintas di lingkungan ruas jalan tempat dimana dilakukannya

observasi . Model ini nantinya akan dijadikan sebagai acuan dan referensi dalam pembuatan model dengan menggunakan *software* simulator Extend<sup>TM</sup>.

Langkah selanjutnya adalah membuat model simulasi berdasarkan model referensi tersebut. Model simulasi akan dilakukan dengan menggunakan bantuan *software* Extend<sup>TM</sup>. Model simulasi awal ini disesuaikan dengan kondisi *handling* yang ada saat ini di lapangan dengan menyederhanakan model dalam situasi yang ideal.

### 3.2.5 Verifikasi Model

Verifikasi mengacu pada bagaimana membangun model sistem dengan tepat dan akurat, untuk membangun model yang mampu memenuhi tujuan dari penelitian. Pada tahap ini, model simulasi akan dibandingkan dengan model konseptual yang telah dibuat sebelumnya. Model simulasi dengan *software* tersebut harus merupakan gambaran yang sesuai dengan model dari sistem pada dunia nyata hasil observasi. Dengan adanya tahap verifikasi ini diharapkan bisa menjawab pertanyaan apakah model telah diimplementasikan dengan benar di dalam komputer.

Verifikasi model dapat dilakukan dengan memastikan bahwa tiap-tiap entitas yang telah dideklarasikan pada model sistem sudah beroperasi dengan benar, dengan artian sesuai dengan *behavior* yang ditunjukkannya sudah sesuai dengan model konseptual. Untuk itu, model harus dibangun dengan bertahap dan detail yang minimal, kemudian setiap tahap dijalankan untuk diperiksa hasilnya. Cara yang umum dilakukan adalah dengan mengurangi kerumitan / kompleksitas model menjadi lebih sederhana sehingga dapat diramalkan dengan mudah bagaimana hasil simulasi nantinya.

### 3.2.6 Running dan Validasi Model

Setelah model simulasi dibangun dan diverifikasi kesamaannya dengan model konseptual, dilakukan eksekusi program, dan dilakukan *initial review* atau peninjauan awal dari

hasil keluaran yang didapat setelah eksekusi program. Eksekusi program dilakukan dengan batasan-batasan yang ditetapkan, dan dengan memperhitungkan fitur-fitur yang menjadi karakter dari sistem.

Setelah dijalankan, dilakukan validasi terhadap model terkait, untuk menentukan apakah kondisi yang ada di lapangan dapat digambarkan dengan akurat oleh model simulasi yang telah dibangun. Validasi dilakukan dengan cara memasukkan data-data percobaan yang didapatkan dari tahap observasi dan membandingkannya dengan keadaan di lapangan.

### **3.2.7 Pembuatan Model Alternatif dan Analisa**

Tahap ini merupakan tahap lanjutan dari eksekusi Pemodelan simulasi awal. Dilakukan modifikasi dari Pemodelan sistem awal, dengan harapan akan terdapat keluaran yang lebih baik. Alternatif sistem diharapkan akan membuat antrian yang terdapat pada setiap ruas jalan menjadi berkurang secara signifikan. Pembuatan model alternatif didasarkan pada sistem di dunia nyata dengan titik berat alternatif skenario ada pada modifikasi waktu tunggu pada setiap ruas jalur dimana observasi dilakukan.

Kemudian, dari beberapa model alternatif yang sudah dieksekusi dan didapatkan hasil keluarannya, dilakukan analisis untuk memenuhi tujuan yang telah ditetapkan pada awal penelitian. Analisis akan didasari oleh perubahan jumlah antrian pada tiap ruas jalan, dimana diharapkan jumlah antrian yang lebih sedikit, yang menandakan arus lalu lintas yang lebih baik.

### **3.2.8 Penarikan Kesimpulan**

Setelah analisis alternatif dilakukan dan didapatkan hasil keluaran yang diharapkan, maka dapat dilakukan penarikan kesimpulan. Penarikan kesimpulan akan menandai akhirnya penelitian ini dengan sejumlah alternatif yang dianggap sesuai dengan tujuan, serta saran-saran yang dapat diimplementasikan

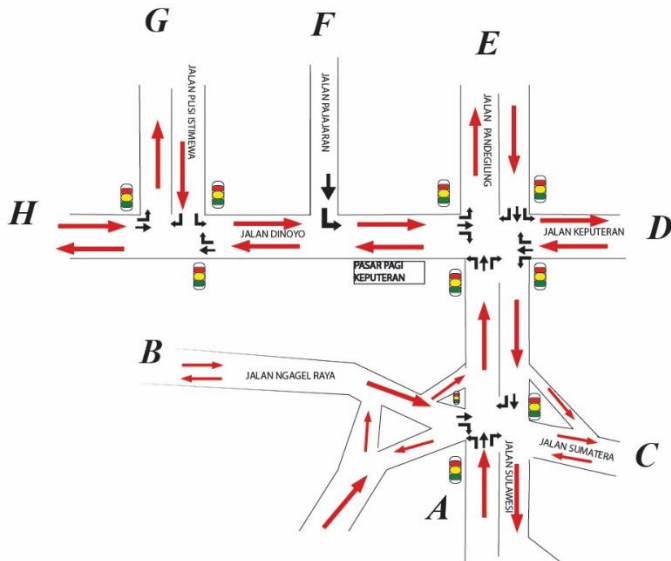
untuk membuat sistem terkait menjadi lebih baik dalam pelaksanaannya di dunia sebenarnya.

## BAB IV

### PEMODELAN SISTEM DAN PENGOLAHAN DATA

#### 4.1 Gambaran Umum Sistem

Simpangan Pasar Keputeran ini merupakan persimpangan yang menghubungkan antara Surabaya Timur dengan Surabaya Pusat dan Surabaya Barat. Volume kendaraan yang melewati persimpangan ini berasal dari 5 ruas jalan, yaitu Jalan Sulawesi, Jalan Pandegiling, Jalan Pajajaran, Jalan Dinoyo, dan Jalan Keputeran, dengan masing-masing ruas jalan memiliki lampu lalu lintas (kecuali untuk Jalan Pajajaran). Jenis kendaraan yang melewati ruas-ruas jalan ini adalah mobil, sepeda motor, becak, dan truk. Gambar 4.1 adalah *layout* dari persimpangan yang diobservasi.



Gambar 4.1 *Layout* Persimpangan yang Diamati

Dari *layout* persimpangan yang diobservasi dan dijelaskan pada gambar 4.1, dari ruas Jalan Sulawesi (A), volume kendaraan akan berjalan ke persimpangan Ngagel – Sumatera - Sulawesi (II). Dari ruas Jalan Ngagel, volume kendaraan akan berjalan menuju Sulawesi (II) dan ke persimpangan Sulawesi – Sumatera. Dari arah Jalan Sumatera, volume kendaraan akan berjalan menuju ke ruas jalan Ngagel, Sulawesi (II) dan Sulawesi (III). Pada persimpangan ini terdapat tiga buah lampu lalu lintas.

Pada persimpangan kedua, yaitu persimpangan Jalan Sulawesi (II), Keputeran, Pandegiling, dan Dinoyo, terdapat 5 buah lampu lalu lintas, satu lampu untuk mengatur volume kendaraan dari Sulawesi ke Dinoyo, kemudian lampu yang mengatur volume kendaraan dari Sulawesi ke Keputeran dan Pandegiling, satu lampu lalu lintas yang mengatur volume kendaraan dari arah Jalan Keputeran, satu lampu lalu lintas yang mengatur arus kendaraan dari Pandegiling ke Dinoyo, satu lampu yang mengatur volume kendaraan dari Pandegiling ke Sulawesi dan Keputeran, dan satu lampu lalu lintas yang mengatur arus kendaraan dari arah Jalan Pandegiling ke Dinoyo.

Pada persimpangan ketiga, yaitu persimpangan antara Dinoyo dan Polisi Istimewa, terdapat tiga buah lalu lintas. Lampu pertama mengatur arus kendaraan dari arah Dinoyo Timur ke Polisi Istimewa, kemudian lampu lalu lintas yang mengatur volume kendaraan dari arah Dinoyo Barat menuju Dinoyo Timur dan Polisi Istimewa, dan lampu lalu lintas terakhir yang mengatur arus kendaraan dari arah Polisi Istimewa ke Dinoyo Barat dan Dinoyo Timur.

## **4.2 Pengolahan Data**

### **4.2.1 *Inter-arrival Time* dan Volume Kendaraan**

Dari setiap ruas jalan yang diamati, salah satu jenis data yang diambil adalah *inter-arrival time* atau waktu yang dibutuhkan setiap jenis kendaraan untuk memasuki ruas jalan yang diamati. Pengambilan data diambil pada saat *peak time* dari volume kendaraan.

Sedangkan data volume kendaraan diambil untuk mengetahui jumlah kendaraan yang melewati ruas jalan yang diobservasi pada saat *peak time*. Data volume dan *interarrival time* ditunjukkan pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Volume dan *Interarrival Time* Kendaraan Saat Jam Puncak

Jalan	Jenis kendaraan	Volume (kendaraan/jam)	Volume (SMP/jam)	Average Interarrival Time (detik)	Total (SMP/Jam)
<b>A.</b> Sulawesi	Motor	1844	645	1.9883	1659
	Mobil	1014	1014	3.5751	
<b>B.</b> Ngagel Raya	Motor	692	346	5.8973	754
	Mobil	408	408	8.3544	
<b>C.</b> Sumatera	Motor	245	123	15.503	247
	Mobil	124	124	32.305	
<b>D.</b> Keputeran	Motor	187	94	25.382	182
	Mobil	88	88	38.387	
<b>E.</b> Pandegiling	Motor	1002	501	3.8676	1349
	Mobil	848	848	4.3474	
<b>F.</b> Pajajaran	Motor	755	378	6.165	1067
	Mobil	689	689	6.024	
<b>G.</b> Polisi Istimewa	Motor	1198	599	3.057	1518
	Mobil	919	919	3.907	
<b>H.</b> Dinoyo	Motor	1156	578	3.274	1500
	Mobil	922	922	3.979	

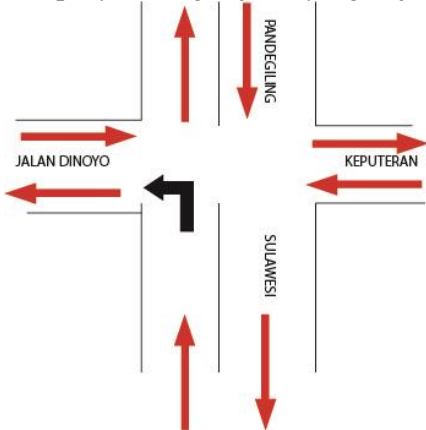
*Peak Time* : 16.45 – 17.45, (Sesuai pengamatan awal)

#### 4.2.2 Waktu Penyeberangan Jalan Kendaraan

Setiap pengendara memiliki kebiasaan berbeda-beda dalam penyeberangan jalan ketika sinyal lampu hijau menyala yang menyebabkan variasi kecepatan penyeberangan antar kendaraan juga berbeda. Maka diperlukan pengambilan data waktu

yang dibutuhkan kendaraan untuk penyeberangan ke ruas jalan yang dituju.

Dari ruas Jalan Sulawesi – Dinoyo, terdapat *delay* percepatan dari setiap kendaraan yang antri di belakang sinyal sebanyak 1 detik dari 5 detik awal sinyal lampu hijau dimulai. Gambar 4.2 adalah rute penyeberangan pada ruas jalan ini dan tabel 4.2 adalah tabel waktu penyeberangan jalan yang terjadi.



Gambar 4.2 Rute Penyeberangan Jalan Sulawesi - Dinoyo

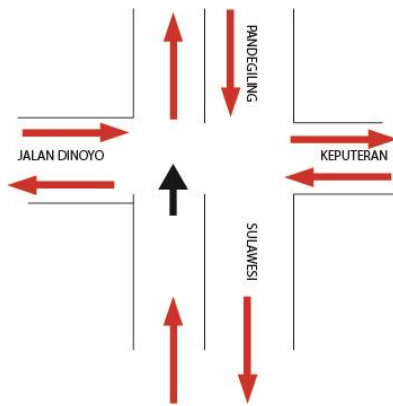
Tabel 4.2 Waktu Penyeberangan Jalan Kendaraan Jalan Sulawesi – Dinoyo

Jenis Kendaraan	Waktu (detik)					Rata-Rata	Standar Deviasi
Motor	4.10	3.59	3.02	2.78	4.14	2.863	0.646
	2.76	3.00	2.18	2.21	2.77		
	2.89	2.19	2.08	2.58	2.66		
Mobil	5.00	5.11	4.92	5.17	5.70	5.233	0.503
	6.13	5.62	5.20	4.88	5.02		
	5.09	5.77	4.28	4.67	5.94		

Sedangkan dari ruas Jalan Sulawesi – Pandegiling, terdapat *delay* percepatan perpindahan ruas jalan setiap kendaraan



dari antrian di belakang sinyal selama 1 detik dari 5 detik awal sinyal lampu hijau,. Gambar 4.3 adalah rute penyeberangan pada ruas jalan ini dan tabel 4.3 adalah tabel waktu penyeberangan jalan yang terjadi.



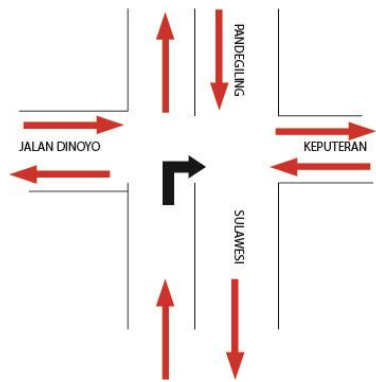
Gambar 4.3 Rute Penyeberangan Jalan Sulawesi – Pandegiling

Tabel 4.3 Waktu Penyeberangan Ruas Jalan Sulawesi – Pandegiling

Jenis Kendaraan	Waktu (detik)					Rata-Rata	Standar Deviasi
Motor	2.24	2.78	2.36	2.89	2.55	3.249	0.563
	3.31	3.59	3.18	3.76	3.43		
	3.88	3.42	3.76	3.58	4.01		
Mobil	4.20	4.49	4.63	3.99	5.28	5.249	0.690
	5.66	5.71	5.09	5.03	5.11		
	6.20	6.01	6.05	5.42	5.87		

Kemudian dari ruas Jalan Sulawesi – Keputeran, terdapat *delay* percepatan selama 1 detik dari 5 detik awal sinyal lampu hijau sampai penyeberangan kendaraan. Gambar 4.4 adalah rute

penyeberangan pada ruas jalan ini dan tabel 4.4 adalah tabel waktu penyeberangan jalan yang terjadi..

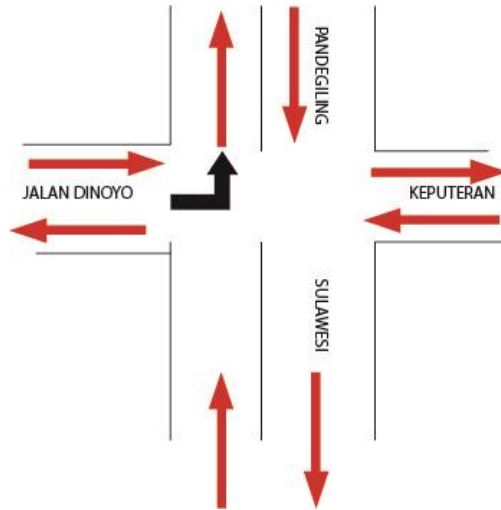


Gambar 4.4 Rute Penyeberangan Jalan Sulawesi – Keputeran

Tabel 4.4 Waktu Penyeberangan Ruas Jalan Sulawesi – Keputeran

Jenis Kendaraan	Waktu (detik)					Rata-Rata	Standar Deviasi
Motor	1.98	2.14	2.56	2.41	3.10	2.855	0.597
	3.88	3.13	3.90	2.29	2.98		
	2.29	2.66	3.00	3.02	3.49		
Mobil	4.22	4.04	5.16	4.27	4.19	4.807	0.622
	7.21	4.92	4.38	5.19	4.44		
	4.60	4.20	5.39	5.65	5.90		

Dari ruas Jalan Dinoyo – Pandegiling, terdapat percepatan dengan *delay* selama 2 detik dari 5 detik awal sinyal hijau menyala dari lampu lalu lintas sampai penyeberangan dilakukan oleh antrian dari kendaraan. Gambar 4.5 adalah rute penyeberangan pada ruas jalan ini dan tabel 4.5 adalah tabel waktu penyeberangan jalan yang terjadi..

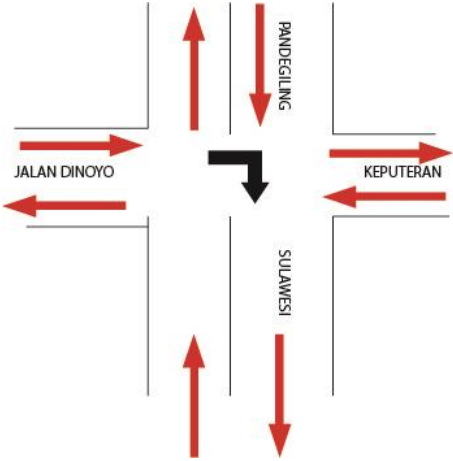


Gambar 4.5 Rute Penyeberangan Jalan Dinoyo - Pandegiling

Tabel 4.5 Waktu Penyeberangan Ruas Jalan Dinoyo – Pandegiling

Jenis Kendaraan	Waktu (detik)					Rata-Rata	Standar Deviasi
Motor	3.33	3.49	3.96	3.99	4.11	4.198	0.411
	4.59	4.04	4.62	4.90	4.42		
	4.29	4.38	4.25	4.16	4.44		
Mobil	5.52	5.62	5.01	6.71	6.09	5.679	0.560
	4.66	6.01	6.62	5.47	5.88		
	5.45	5.19	5.70	5.26	6.00		

Kemudian, dari ruas Jalan Dinoyo – Sulawesi, didapatkan waktu penyeberangan ruas jalan seperti ditunjukkan pada tabel dibawah, dengan adanya *delay* selama 2 detik dari 5 detik awal menyalanya lampu hijau pada sinyal di simpangan. Gambar 4.6 adalah rute penyeberangan pada ruas jalan ini dan tabel 4.6 adalah tabel waktu penyeberangan jalan yang terjadi.

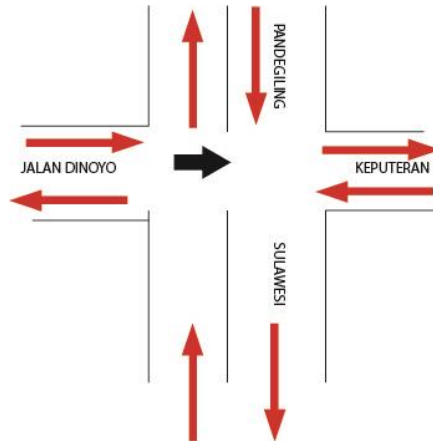


Gambar 4.6 Rute Penyeberangan Jalan Dinoyo – Sulawesi

Tabel 4.6 Waktu Penyeberangan Ruas Jalan Dinoyo – Sulawesi

Jenis Kendaraan	Waktu (detik)					Rata-Rata	Standar Deviasi
Motor	5.00	4.81	5.22	5.06	4.58	5.041	0.424
	4.79	5.37	4.77	4.62	4.21		
	5.16	5.38	5.86	7.21	5.24		
Mobil	7.71	7.22	7.62	7.59	7.75	7.545	0.282
	7.84	7.25	7.30	7.13	7.82		
	7.37	7.59	7.88	7.16	7.94		

Dari ruas Jalan Dinoyo – Keputran, waktu penyeberangan dipengaruhi oleh *delay* percepatan selama 2 detik dari 5 detik awal lampu hijau pada sinyal simpangan menyala. Gambar 4.7 adalah rute penyeberangan pada ruas jalan ini dan tabel 4.7 adalah tabel waktu penyeberangan jalan yang terjadi.

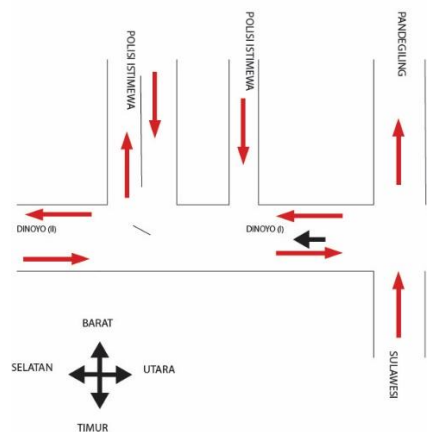


Gambar 4.7 Rute Penyeberangan Jalan Dinoyo – Keputeran

Tabel 4.7 Waktu Penyeberangan Ruas Jalan Dinoyo – Keputeran

Jenis Kendaraan	Waktu (detik)					Rata-Rata	Standar Deviasi
Motor	4.39	4.69	5.28	5.84	5.91	5.502	0.477
	5.22	5.71	5.20	5.66	5.49		
	5.71	5.67	6.00	6.12	5.64		
Mobil	5.92	5.89	5.19	6.72	6.04	6.659	0.864
	6.94	6.09	6.66	5.92	7.67		
	7.00	7.88	7.83	7.80	7.81		

Kemudian, dari ruas Jalan Dinoyo arah selatan waktu menyeberangi ruas jalan ini tidak terdapat *delay* percepatan. Gambar 4.8 adalah rute penyeberangan pada ruas jalan ini dan tabel 4.8 adalah tabel waktu penyeberangan jalan yang terjadi.

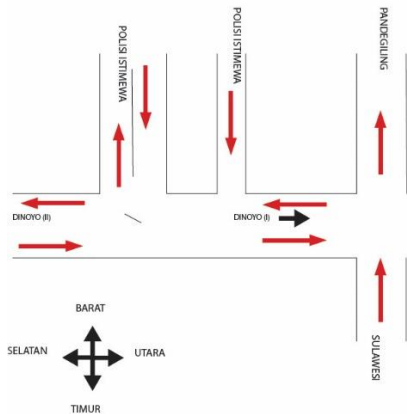


Gambar 4.8 Rute Penyeberangan Jalan Dinoyo Arah Selatan

Tabel 4.8 Waktu Penyeberangan Ruas Jalan Dinoyo Arah Selatan

Jenis Kendaraan	Waktu (detik)					Rata-Rata	Standar deviasi
Motor	9.02	7.95	9.21	9.04	10.11	8.994	0.725
	9.24	9.66	8.24	8.15	9.62		
	7.98	8.82	10.24	8.57	9.06		
Mobil	13.44	12.66	12.94	14.16	15.01	13.881	0.946
	13.81	14.64	15.52	17.21	13.34		
	12.88	12.91	14.10	13.89	13.37		

Kemudian, data penyeberangan ruas Jalan Dinoyo arah utara juga tidak dipengaruhi *delay* percepatan akibat tidak adanya hambatan pada saat mulai jalannya kendaraan. Gambar 4.9 adalah rute penyeberangan pada ruas jalan ini dan tabel 4.9 adalah tabel waktu penyeberangan jalan yang terjadi.

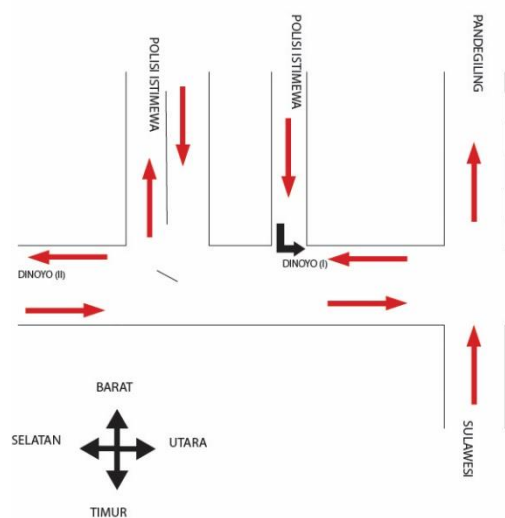


Gambar 4.9 Rute Penyeberangan Jalan Dinoyo Arah Utara

Tabel 4.9 Waktu Penyeberangan Ruas Jalan Dinoyo Arah Utara

Jenis Kendaraan	Waktu (detik)					Rata-Rata	Standar deviasi
Motor	10.33	10.49	10.11	10.21	10.39	12.130	1.619
	12.96	12.67	12.29	11.28	11.54		
	13.33	13.48	13.92	14.00	14.95		
Mobil	27.74	29.91	28.26	28.92	28.60	30.721	2.448
	29.02	29.41	30.04	30.22	31.88		
	36.66	34.40	32.28	32.29	31.19		

Data penyeberangan ruas Jalan Pajajaran – Dinoyo akan ditunjukkan pada tabel dibawah ini. Pada ruas jalan ini tidak terdapat *delay* percepatan dari pergerakan kendaraan. Gambar 4.10 adalah rute penyeberangan pada ruas jalan ini dan tabel 4.10 adalah tabel waktu penyeberangan jalan yang terjadi.



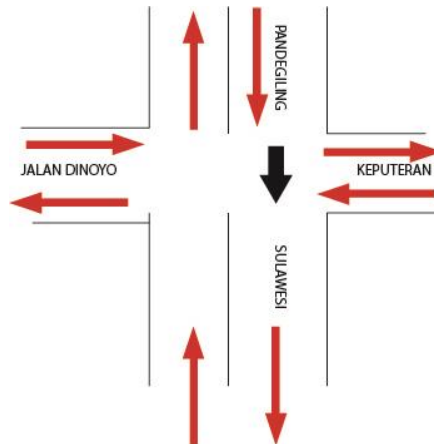
Gambar 4.10 Rute Penyeberangan Jalan Pajajaran – Dinoyo

Tabel 4.10 Waktu Penyeberangan Ruas Jalan Pajajaran – Dinoyo

Jenis Kendaraan	Waktu (detik)					Rata-Rata	Standar deviasi
	8.28	8.78	8.99	9.21	9.10		
Motor	10.68	10.99	10.67	10.04	9.12	10.214	1.205
	11.00	11.21	11.45	11.67	12.02		
Mobil	20.64	20.78	20.94	20.13	20.55	21.463	0.799
	21.49	21.62	21.50	21.16	21.14		
	22.01	22.23	22.46	22.58	22.71		

Kemudian, data waktu penyeberangan dari ruas Jalan Pandegiling – Sulawesi dipengaruhi oleh *delay* percepatan sebanyak 3 detik dari 5 detik awal lampu hijau. Gambar 4.11 adalah rute penyeberangan pada ruas jalan ini dan tabel 4.11 adalah tabel waktu penyeberangan jalan yang terjadi.



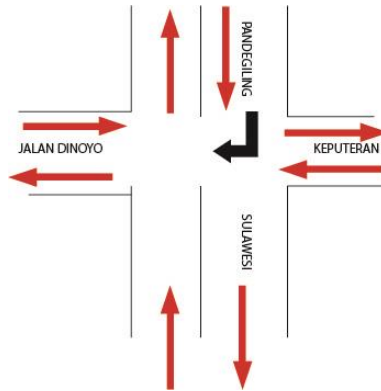


Gambar 4.11 Rute Penyeberangan Pandegiling - Sulawesi

Tabel 4.11 Waktu Penyeberangan Ruas Jalan  
Pandegiling – Sulawesi

Jenis Kendaraan	Waktu (detik)					Rata-Rata	Standar deviasi
Motor	7.21	5.24	5.11	4.98	4.67	5.477	0.454
	5.71	5.89	5.46	5.18	5.80		
	6.02	5.17	5.13	6.01	6.24		
Mobil	6.28	7.00	7.19	7.63	7.39	7.817	0.712
	7.35	7.42	8.11	8.26	8.19		
	8.30	8.64	8.15	8.39	8.96		

Pada ruas Jalan Pandegiling – Dinoyo, laju percepatan kendaraan dipengaruhi oleh *delay* selama 3 detik pada 5 detik awal jalannya kendaraan dari antrian di belakang lampu lalu lintas. Gambar 4.12 adalah rute penyeberangan pada ruas jalan ini dan tabel 4.12 adalah tabel waktu penyeberangan jalan yang terjadi.

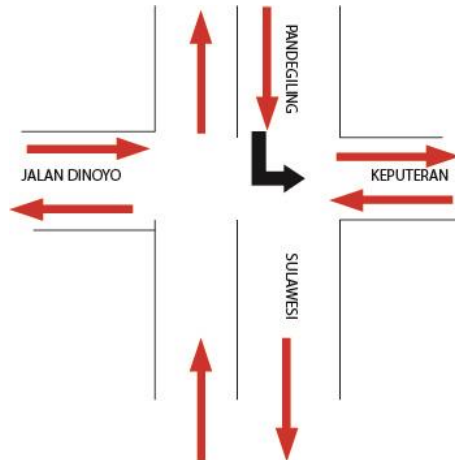


Gambar 4.12 Rute Penyeberangan Pandegiling – Dinoyo

Tabel 4.12 Waktu Penyeberangan Ruas Jalan  
Pandegiling – Dinoyo

Jenis Kendaraan	Waktu (detik)					Rata-Rata	Standar deviasi
	2.68	2.31	2.47	2.41	2.65		
Motor	3.01	3.15	3.21	3.08	3.60	2.990	0.447
	2.77	2.94	3.24	3.52	3.81		
	3.62	3.80	3.99	3.91	4.22		
Mobil	4.04	4.19	5.19	4.20	4.69	4.191	0.427
	4.42	3.91	4.79	3.76	4.14		

Sedangkan pada ruas jalan Pandegiling – Keputeran, laju percepatan kendaraan juga dipengaruhi oleh *delay* 3 detik yang serupa dengan ruas jalan sebelumnya karena pergerakan dispersi kendaraan yang serupa dengan kendaraan yang menuju ruas Jalan Dinoyo dan Sulawesi. Gambar 4.13 adalah rute penyeberangan pada ruas jalan ini dan tabel 4.13 adalah tabel waktu penyeberangan jalan yang terjadi.

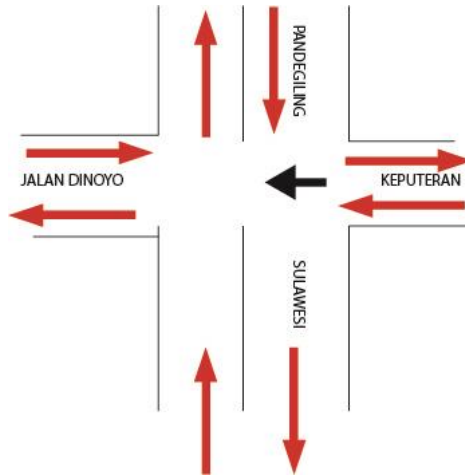


Gambar 4.13 Rute Penyeberangan Pandegiling – Keputeran

Tabel 4.13 Waktu Penyeberangan Ruas Jalan Pandegiling – Keputeran

Jenis Kendaraan	Waktu (detik)					Rata-Rata	Standar deviasi
Motor	4.11	4.28	4.36	4.90	4.99	5.348	0.726
	5.12	5.26	5.38	5.49	5.77		
	5.82	5.98	6.10	6.21	6.45		
Mobil	7.67	6.31	6.38	6.38	6.70	7.549	0.997
	7.10	7.68	7.42	7.89	8.01		
	8.12	8.43	8.60	8.88	9.14		

Pada ruas Jalan Keputeran – Dinoyo, laju percepatan kendaraan dipengaruhi oleh *delay* selama 1 detik dari awal mula pergerakan kendaraan, Gambar 4.14 adalah rute penyeberangan pada ruas jalan ini dan tabel 4.14 adalah tabel waktu penyeberangan jalan yang terjadi.

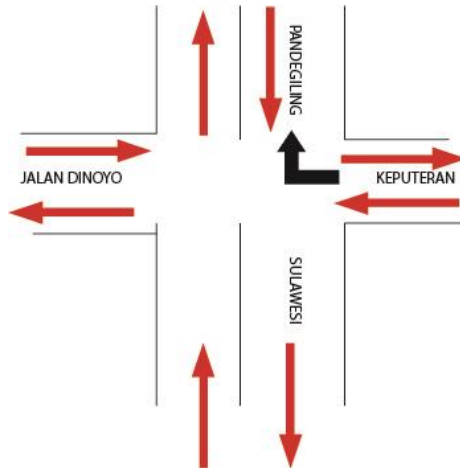


Gambar 4.14 Rute Penyeberangan Keputeran - Dinoyo

Tabel 4.14 Waktu Penyeberangan Ruas Jalan Keputeran – Dinoyo

Jenis Kendaraan	Waktu (detik)					Rata-Rata	Standar deviasi
Motor	2.61	2.23	2.45	2.30	2.36	2.753	0.398
	2.50	2.52	2.44	2.86	2.91		
	3.11	3.21	3.43	3.35	3.01		
Mobil	3.56	4.44	4.21	4.12	4.72	4.747	0.579
	4.52	4.59	4.68	4.60	4.72		
	5.11	5.28	5.39	5.56	5.70		

Kemudian, pada ruas Jalan Keputeran – Pandegiling, terdapat *delay* percepatan selama 1 detik dari 5 detik awal pergerakan kendaraan dari saat lampu hijau. Gambar 4.15 adalah rute penyeberangan pada ruas jalan ini dan tabel 4.15 adalah tabel waktu penyeberangan jalan yang terjadi.

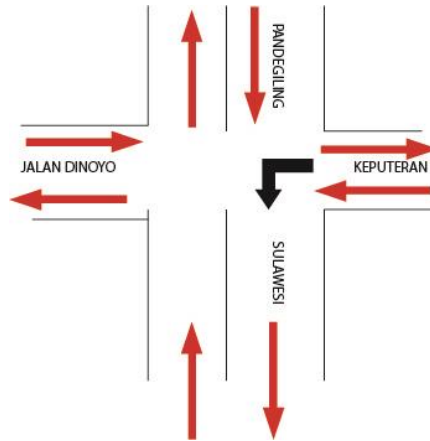


Gambar 4.15 Rute Penyeberangan Keputeran – Pandegiling

Tabel 4.15 Waktu Penyeberangan Ruas Jalan Keputeran – Pandegiling

Jenis Kendaraan	Waktu (detik)					Rata-Rata	Standar deviasi
Motor	2.49	2.62	2.90	2.92	2.99	3.247	0.411
	3.13	3.20	3.28	3.39	3.41		
	3.46	3.54	3.68	3.77	3.92		
Mobil	4.28	4.10	4.26	4.45	4.86	4.910	0.454
	4.71	4.80	4.91	5.15	5.08		
	5.27	5.29	5.40	5.51	6.95		

Dan pada ruas Jalan Keputeran – Sulawesi, juga terdapat *delay* percepatan selama 1 detik dari 5 detik awal pergerakan kendaraan dari awal disperse kendaraan dari antrian. Gambar 4.16 adalah rute penyeberangan pada ruas jalan ini dan tabel 4.16 adalah tabel waktu penyeberangan jalan yang terjadi.

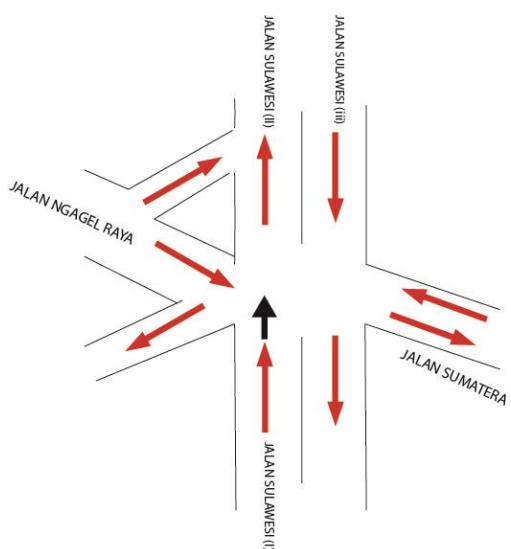


Gambar 4.16 Rute Penyeberangan Keputeran - Sulawesi

Tabel 4.16 Waktu Penyeberangan Ruas Jalan Keputeran – Sulawesi

Jenis Kendaraan	Waktu (detik)					Rata-Rata	Standar deviasi
Motor	2.54	2.80	2.98	3.13	3.06	3.242	0.316
	3.22	3.15	3.16	3.40	3.44		
	3.66	3.59	3.42	3.47	3.61		
Mobil	4.02	4.16	4.28	4.50	4.53	4.562	0.314
	4.14	4.29	4.68	4.87	4.71		
	4.82	4.90	5.01	4.73	4.79		

Kemudian, dari ruas Jalan Sulawesi (I) – Sulawesi (II ), waktu menyeberangi ruas jalan ini terdapat 2 detik *delay* percepatan. Gambar 4.17 adalah rute penyeberangan pada ruas jalan ini dan tabel 4.17 adalah tabel waktu penyeberangan jalan yang terjadi.

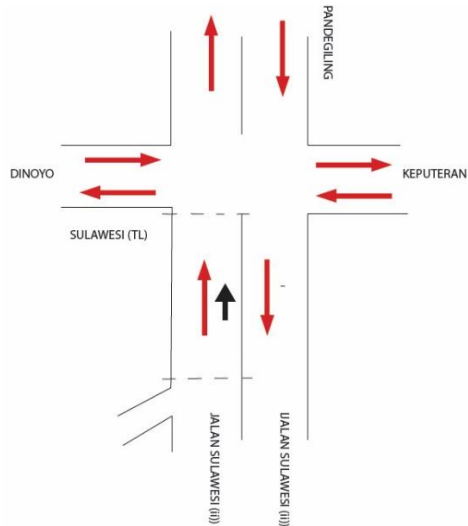


Gambar 4.17 Rute Penyeberangan Jalan Sulawesi (I) – Sulawesi (II )

Tabel 4.17 Waktu Penyeberangan Ruas Sulawesi (I) – Sulawesi (II )

Jenis Kendaraan	Waktu (detik)					Rata-Rata	Standar Deviasi
Motor	4.10	3.59	3.02	2.78	4.14	2.863	0.646
	2.76	3.00	2.18	2.21	2.77		
	2.89	2.19	2.08	2.58	2.66		
Mobil	5.00	5.11	4.92	5.17	5.70	5.233	0.503
	6.13	5.62	5.20	4.88	5.02		
	5.09	5.77	4.28	4.67	5.94		

Kemudian, dari ruas Jalan Sulawesi (II) – Sulawesi (TL ), waktu menyeberangi ruas jalan ini tidak terdapat *delay* percepatan. Gambar 4.18 adalah rute penyeberangan pada ruas jalan ini dan tabel 4.18 adalah tabel waktu penyeberangan jalan yang terjadi.



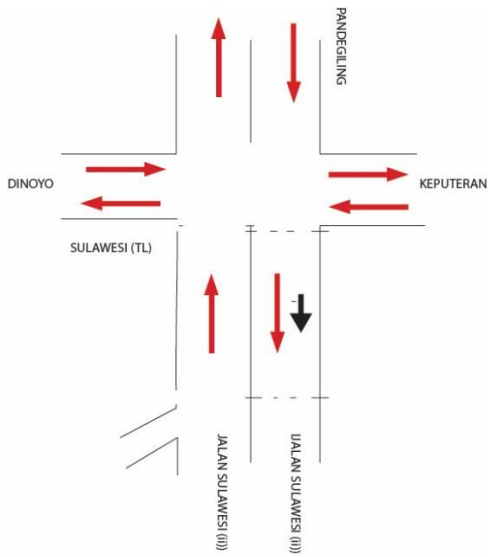
Gambar 4.18 Rute Penyeberangan Jalan Sulawesi (II) – Sulawesi (TL )

Tabel 4.18 Waktu Penyeberangan Ruas Sulawesi (II) – Sulawesi (TL )

Jenis Kendaraan	Waktu (detik)					Rata-Rata	Standar deviasi
	10.16	11.00	10.18	11.02	12.36		
Motor	11.21	12.18	12.68	11.75	11.89	12.127	1.319
	12.55	13.46	13.92	13.89	14.24		
	25.80	29.91	26.77	28.02	28.99		
Mobil	26.66	29.82	29.52	29.94	30.34	29.443	1.875
	32.22	30.04	31.16	31.19	31.27		

Dari ruas Jalan Sulawesi (TL) – Sulawesi (II ), waktu menyeberangi ruas jalan ini terdapat 1 detik *delay* percepatan. Gambar 4.19 adalah rute penyeberangan pada ruas jalan ini dan tabel 4.19 adalah tabel waktu penyeberangan jalan yang terjadi.



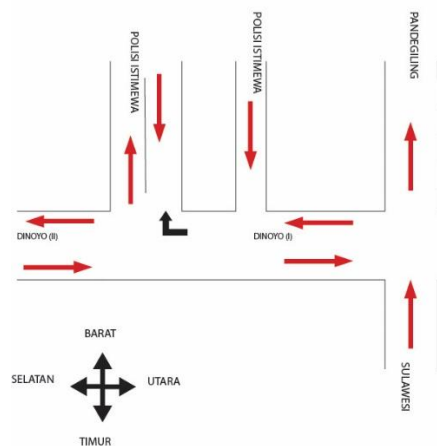


Gambar 4.19 Rute Penyeberangan Jalan Sulawesi (TL) – Sulawesi (II )

Tabel 4.19 Waktu Penyeberangan Ruas Sulawesi (TL) – Sulawesi (II )

Jenis Kendaraan	Waktu (detik)					Rata-Rata	Standar deviasi
Motor	10.16	11.00	10.18	11.02	12.36	12.127	1.319
	11.21	12.18	12.68	11.75	11.89		
	12.55	13.46	13.92	13.89	14.24		
Mobil	25.80	29.91	26.77	28.02	28.99	29.443	1.875
	26.66	29.82	29.52	29.94	30.34		
	32.22	30.04	31.16	31.19	31.27		

Sedangkan dari ruas Jalan Dinoyo Selatan – Polisi Istimewa waktu menyeberangi ruas jalan ini terdapat 1 detik *delay* percepatan. Gambar 4.20 adalah rute penyeberangan pada ruas jalan ini dan tabel 4.20 adalah tabel waktu penyeberangan jalan yang terjadi.

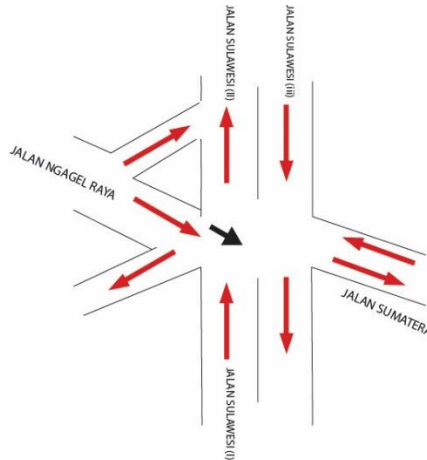


Gambar 4.20 Rute Penyeberangan Jalan Dinoyo Selatan – Polisi Istimewa

Tabel 4.20 Waktu Penyeberangan Ruas Dinoyo Selatan – Polisi Istimewa

Jenis Kendaraan	Waktu (detik)					Rata-Rata	Standar deviasi
Motor	2.54	2.59	2.26	2.89	2.78	2.720	0.378
	2.32	2.86	2.57	2.41	2.66		
	2.98	2.81	3.19	3.48	3.20		
Mobil	4.04	4.19	4.06	4.01	3.83	4.643	0.601
	4.67	4.23	5.18	5.22	4.96		
	4.74	5.76	4.99	5.47	4.29		

Kemudian, dari ruas Jalan Ngagel – Sumatera, waktu menyeberangi ruas jalan ini terdapat 2 detik *delay* percepatan. Gambar 4.21 adalah rute penyeberangan pada ruas jalan ini dan tabel 4.21 adalah tabel waktu penyeberangan jalan yang terjadi.

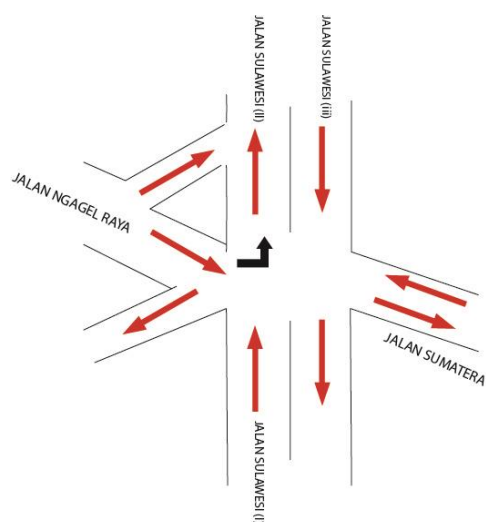


Gambar 4.21 Rute Penyeberangan Jalan Ngagel – Sumatera

Tabel 4.21 Waktu Penyeberangan Ruas Ngagel – Sumatera

Jenis Kendaraan	Waktu (detik)					Rata-Rata	Standar deviasi
Motor	3.73	3.52	3.51	3.85	3.62	3.906	0.332
	4.22	3.71	3.97	3.73	4.22		
	4.45	4.61	3.82	3.94	3.69		
Mobil	5.79	5.21	5.46	5.31	5.92	6.060	0.538
	7.21	5.94	6.07	6.34	6.12		
	6.31	6.76	6.91	6.82	6.39		

Kemudian, dari ruas Jalan Ngagel – Sulawesi (II ), waktu menyeberangi ruas jalan ini terdapat 3 detik *delay* percepatan. Gambar 4.22 adalah rute penyeberangan pada ruas jalan ini dan tabel 4.22 adalah tabel waktu penyeberangan jalan yang terjadi.

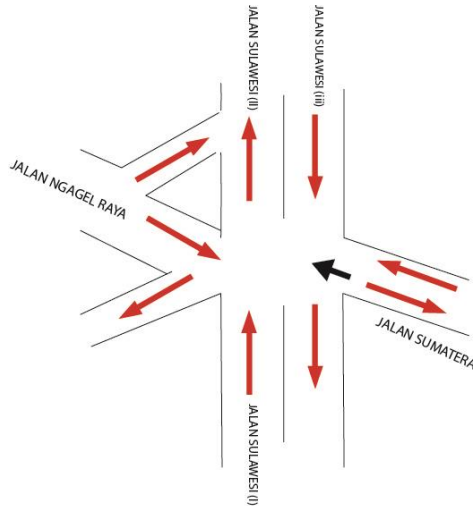


Gambar 4.22 Rute Penyeberangan Jalan Ngagel – Sulawesi (II)

Tabel 4.22 Waktu Penyeberangan Ruas Ngagel – Sulawesi (II)

Jenis Kendaraan	Waktu (detik)					Rata-Rata	Standar deviasi
	4.87	4.12	4.66	4.09	4.34		
Motor	4.91	4.77	5.79	5.11	4.62	4.825	0.501
	4.52	4.84	4.76	5.19	5.78		
	6.95	5.81	5.69	5.78	5.92		
Mobil	6.11	6.72	5.42	6.26	6.14	6.037	0.355
	6.37	6.16	6.22	5.89	6.49		

Kemudian, dari ruas Jalan Sumatera - Ngagel, waktu menyeberangi ruas jalan ini terdapat 3 detik *delay* percepatan. Gambar 4.23 adalah rute penyeberangan pada ruas jalan ini dan tabel 4.23 adalah tabel waktu penyeberangan jalan yang terjadi.

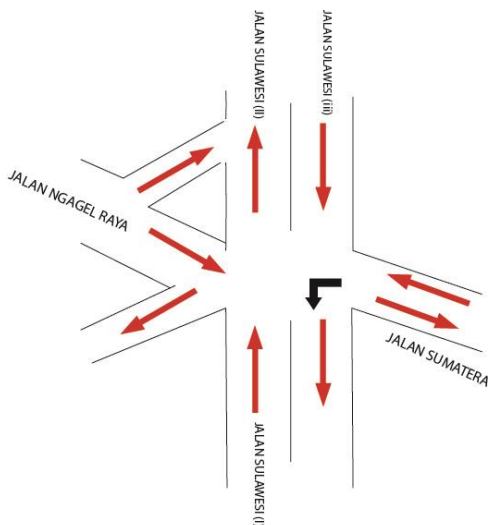


Gambar 4.23 Rute Penyeberangan Jalan Sumatera – Ngagel

Tabel 4.23 Waktu Penyeberangan Ruas Sumatera - Ngagel

Jenis Kendaraan	Waktu (detik)					Rata-Rata	Standar deviasi
Motor	5.13	4.59	4.81	5.19	5.23	5.104	0.418
	4.48	5.64	4.69	5.48	5.72		
	4.61	5.29	5.30	5.63	4.77		
Mobil	6.37	6.11	5.24	5.81	6.75	6.648	0.643
	7.84	7.22	6.39	6.83	7.07		
	6.35	7.16	7.24	6.73	6.61		

Dari ruas Jalan Sumatera – Sulawesi (II ), waktu menyeberangi ruas jalan ini terdapat 3 detik *delay* percepatan. Gambar 4.24 adalah rute penyeberangan pada ruas jalan ini dan tabel 4.24 adalah tabel waktu penyeberangan jalan yang terjadi.

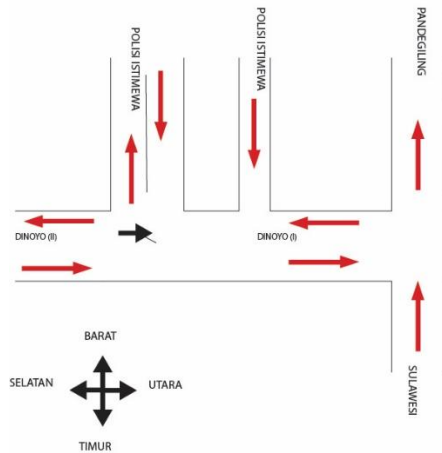


Gambar 4.24 Rute Penyeberangan Jalan Sumatera – Sulawesi (III)

Tabel 4.24 Waktu Penyeberangan Ruas Sumatera – Sulawesi (III)

Jenis Kendaraan	Waktu (detik)					Rata-Rata	Standar Deviasi
Motor	4.54	4.88	4.76	5.13	5.62	4.763	0.643
	4.27	4.44	3.70	3.66	4.77		
	4.62	4.67	6.11	5.28	5.00		
Mobil	5.66	6.12	6.05	5.96	6.26	6.538	0.777
	6.68	7.48	6.23	5.56	7.77		
	7.36	6.07	7.17	7.82	5.88		

Dan dari ruas Jalan Dinoyo Arah Utara (II), waktu menyeberangi ruas jalan ini terdapat 3 detik *delay* percepatan. Gambar 4.25 adalah rute penyeberangan pada ruas jalan ini dan tabel 4.25 adalah tabel waktu penyeberangan jalan yang terjadi.



Gambar 4.25 Rute Penyeberangan Jalan Dinoyo Arah Utara (II)

Tabel 4.25 Waktu Penyeberangan Ruas Dinoyo Arah Utara (II)

Jenis Kendaraan	Waktu (detik)					Rata-Rata	Standar Deviasi
	4.20	4.73	3.92	4.22	4.84		
Motor	5.39	4.69	4.91	4.56	3.87	4.769	0.555
	5.25	5.54	5.68	4.76	4.98		
	6.88	6.47	6.58	7.12	7.65		
Mobil	7.26	5.84	7.22	6.50	6.77	6.858	0.545
	7.03	7.90	6.44	7.67	7.02		

#### 4.2.3 Waktu Tunggu Rata-rata Antrian

Waktu tunggu rata-rata antrian digunakan untuk melakukan validasi pada model buatan. Tabel 4.26 adalah tabel yang menunjukkan waktu tunggu rata-rata antrian.

Tabel 4.26 Waktu Tunggu Rata-Rata Antrian

Persimpangan	Waktu Tunggu Rata-rata (detik)	<i>Level of Service</i> (detik)
<b>A.</b> Sulawesi – Sulawesi (II)	35.43	D
<b>B.</b> Sulawesi – Ngagel Raya	15.60	B
<b>C.</b> Ngagel Raya	34.41	C
<b>D.</b> Sumatera	34.42	C
<b>E.</b> Sulawesi - Dinoyo	32.90	C
<b>F.</b> Sulawesi - Pandegiling	125.61	F
<b>G.</b> Keputeran	57.21	E
<b>H.</b> Pandegiling - Dinoyo	58.94	E
<b>I.</b> Pandegiling - Sulawesi	38.90	D
<b>J.</b> Dinoyo (Arah Utara)	420.70	F
<b>K.</b> Dinoyo (Selatan) – Polisi Istimewa	11.29	B
<b>L.</b> Polisi Istimewa – Dinoyo	16.47	B
<b>M.</b> Dinoyo (Utara A) – Dinoyo (Utara B)	18.41	B

#### 4.2.4 Data Kapasitas Jalan

Dengan Volume kendaraan menggunakan satuan mobil penumpang (SMP) maka kapasitas ruang jalan di simpangan berdasarkan ukuran mobil (Light Vehicle) pada umumnya. Dengan mobil pada umumnya mempunyai panjang 3.7 – 4.6 meter dengan jarak antar mobil 1 meter dalam keadaan berhenti. Tabel 4.27 menunjukkan kapasitas jalan dari semua ruas jalan yang diamati pada penelitian ini.



Tabel 4.27 Kapasitas Jalan

Nama Jalan	Kapasitas Jalan (SMP/Jalan)	Keterangan
<b>A.</b> Sulawesi (I) (50 m)	$2 \times 8 = 16$ SMP	Jalan mampu menampung 2 mobil berjejeran, dengan panjang 8 mobil.
<b>B.</b> Sulawesi (II) (210 m)	$2 \times 28 = 56$ SMP	Jalan mampu menampung 2 mobil berjejeran, dengan panjang 28 mobil.
<b>C.</b> Ngagel Raya (100 m)	$2 \times 15 = 30$ SMP	Jalan mampu menampung 2 mobil berjejeran, dengan panjang 15 mobil.
<b>D.</b> Sumatera (100 m)	$1 \times 15 = 15$ SMP	Jalan mampu menampung 1 mobil berjejeran, dengan panjang 15 mobil.
<b>E.</b> Keputeran (100 m)	$2 \times 15 = 30$ SMP	Jalan mampu menampung 2 mobil berjejeran, dengan panjang 15 mobil.
<b>F.</b> Pandegiling (150 m)	$2 \times 24 = 48$ SMP	Jalan mampu menampung 2 mobil berjejeran, dengan panjang 24 mobil.
<b>G.</b> Pajajaran (140 m)	$2 \times 23 = 46$ SMP	Jalan mampu menampung 2 mobil berjejeran, dengan panjang 23 mobil.
<b>H.</b> Polisi Istimewa (220 m)	$2 \times 30$ SMP = 60 SMP	Jalan mampu menampung 2 mobil

		berjejeran, dengan panjang 30 mobil.
<b>I. Dinoyo (200 m)</b>	2 x 27 SMP = 54 SMP	Jalan mampu menampung 2 mobil berjejeran, dengan panjang 27 mobil.

#### 4.2.5 Data Durasi Lampu Lalu Lintas dan Waktu Antrian

Lampu lalu lintas yang ada di persimpangan Pasar Keputeran berjumlah 4 buah lampu. Lampu ini berlaku sebagai sinyal pemberi arahan kendaraan untuk berjalan atau berhenti sesuai ketentuan yakni lampu merah menandakan kendaraan harus berhenti, lampu kuning menandakan kendaraan harus mulai mengurangi kecepatan untuk berhenti di antrian, dan lampu hijau menandakan kendaraan diperbolehkan untuk berjalan. Gambar 4.26 dibawah ini menunjukkan durasi dan siklus lampu lalu lintas di persimpangan Pasar Keputeran.

Nama Jalan	Waktu																													
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150
Sulawesi (II) - Dinoyo																														
Sulawesi (II)- Pandegiling																														
Sulawesi (II)- Keputeran																														
Keputeran																														
Dinoyo - Sulawesi (II)																														
Dinoyo - Keputeran																														
Dinoyo - Pandegiling																														
Pandegiling - Sulawesi (II)																														
Pandegiling - Keputeran																														
Pandegiling - Dinoyo																														
Keterangan																														

Gambar 4.26 Siklus Lampu Lalu Lintas Persimpangan Keputeran

Kemudian, gambar 4.27 menunjukkan data siklus lampu lalu lintas pada persimpangan Jalan Sulawesi – Ngagel – Sumatera.

Nama Jalan	Waktu																			
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
Sulawesi - Sulawesi (II)																				
Sulawesi - Ngagel																				
Sulawesi - Sumatera																				
Ngagel - Sulawesi																				
Ngagel - Sumatera																				
Sulawesi (III) - Ngagel																				
Sulawesi (III) - Sulawesi																				

Gambar 4.27 Siklus Lampu Lalu Lintas Persimpangan Sulawesi – Ngagel – Sumatera

Dan data siklus lampu lalu lintas persimpangan Dinoyo – Polisi Istimewa ditunjukkan pada gambar 4.28 dibawah ini.

Nama Jalan	Waktu																			
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
Dinoyo - Polisi Istimewa																				
Polisi Istimewa - Dinoyo																				
Polisi Istimewa - Dinoyo (II)																				
Dinoyo (II)																				

Gambar 4.28 Siklus Lampu Lalu Lintas Persimpangan Dinoyo - Polisi Istimewa

#### 4.2.6 Persentase Pergerakan Kendaraan

Pergerakan kendaraan dari setiap simpangan tentunya berbeda-beda. Ada kendaraan yang akan bergerak menuju satu ruas jalan dan ada yang akan bergerak ke ruas jalan yang lain. Tabel 4.28 menunjukkan data persentase pergerakan volume kendaraan pada persimpangan Sulawesi – Sumatera – Ngagel, tabel 4.29 menunjukkan persentase pergerakan kendaraan pada persimpangan Pasar Keputeran, dan tabel 4.30 menunjukkan persentase pergerakan volume kendaraan pada persimpangan Jalan Dinoyo dan Jalan Polisi Istimewa.

Tabel 4.28 Persentase Pergerakan Persimpangan  
Sulawesi – Sumatera – Ngagel

<b>Sulawesi</b>				
<b>Arah</b>	<b>Motor</b>	<b>Mobil</b>	<b>Total</b>	<b>Persentase</b>
Lurus	1542	1168	2710	0.91
Ngagel	98	23	121	0.04
Sumatera	204	143	247	0.05
<b>Ngagel</b>				
<b>Arah</b>	<b>Motor</b>	<b>Mobil</b>	<b>Total</b>	<b>Persentase</b>
Sumatera	168	36	204	0.19
Sulawesi 2	100	64	164	0.15
Sulawesi 1	424	308	732	0.66
<b>Sumatera</b>				
<b>Arah</b>	<b>Motor</b>	<b>Mobil</b>	<b>Total</b>	<b>Persentase</b>
Sulawesi 2	86	58	144	0.35
Ngagel	57	44	101	0.25
Sulawesi 1	102	62	164	0.40

Tabel 4.29 Persentase pergerakan persimpangan pasar  
keputran

<b>Sulawesi (traffic light)</b>				
<b>Arah</b>	<b>Motor</b>	<b>Mobil</b>	<b>Total</b>	<b>Persentase</b>
Pandegiling	956	677	1633	0.45
Dinoyo	1044	829	1873	0.51
Keputran	102	55	157	0.04

<b>Keputeran</b>				
<b>Arah</b>	<b>Motor</b>	<b>Mobil</b>	<b>Total</b>	<b>Persentase</b>
Pandegiling	59	24	83	0.30
Dinoyo	66	39	105	0.38
Sulawesi	62	27	89	0.32
<b>Pandegiling</b>				
<b>Arah</b>	<b>Motor</b>	<b>Mobil</b>	<b>Total</b>	<b>Persentase</b>
Dinoyo	441	333	774	0.42
Sulawesi	508	475	983	0.53
Keputeran	53	40	93	0.05
<b>Dinoyo</b>				
<b>Arah</b>	<b>Motor</b>	<b>Mobil</b>	<b>Total</b>	<b>Persentase</b>
Keputeran	119	40	159	0.03
Sulawesi	1788	1399	3187	0.55
Pandegiling	1268	1166	2434	0.42

Tabel 4.30 Persentase pergerakan persimpangan dinoyo – polisi istimewa

<b>Dinoyo (utara)</b>				
<b>Arah</b>	<b>Motor</b>	<b>Mobil</b>	<b>Total</b>	<b>Persentase</b>
Dinoyo (selatan)	661	424	1085	0.40
Polisi istimewa	957	719	1676	0.60
<b>Polisi istimewa</b>				
<b>Arah</b>	<b>Motor</b>	<b>Mobil</b>	<b>Total</b>	<b>Persentase</b>
Dinoyo (utara)	655	521	1176	0.58
Dinoyo (selatan)	543	397	840	0.42



#### 4.3.2 Pembuatan Model Referensi

Sebelum menjalankan alternatif-alternatif solusi pada model simulasi, perlu dibuat terlebih dahulu model referensi pada *simulator software* yang dijadikan sebagai acuan dalam menentukan model alternatif terbaik. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pembuatan model referensi adalah sebagai berikut:

- Komponen sistem dan operasinya disesuaikan dengan gambaran umum sistem pada subbab 4.1. Kendaraan disesuaikan dengan pengaturan rute yang berada dalam kondisi ideal.
- Pada pemberhentian awal kendaraan yang berada baris depan mengalami delay paling lama karena adanya percepatan sampai waktu tertentu bergerak dengan normal.
- Model referensi dengan *simulator software* ini harus dapat dijalankan untuk mengetahui bahwa struktur *logic* dari sistem pada komputer ini telah benar.
- Model yang dibuat adalah *terminating* model dengan kurun waktu 1 jam dan unit waktu adalah dalam detik.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



## **BAB V**

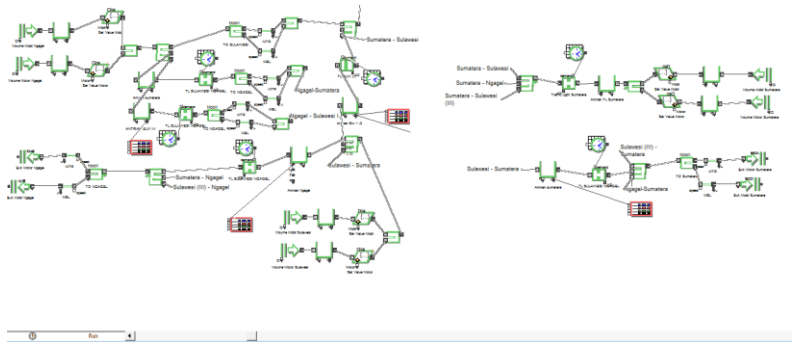
### **ANALISA MODEL REFERENSI DAN ALTERNATIF**

#### **5.1 Hipotesa Pemodelan**

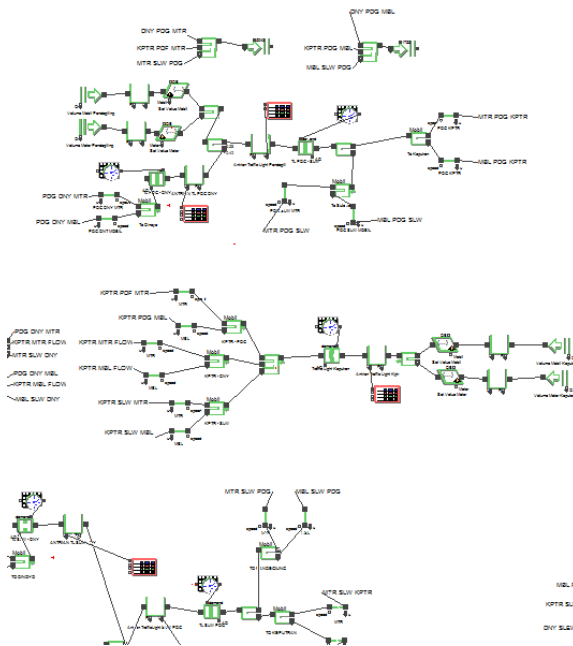
Dari studi kasus yang dijalankan, didapatkan bahwa salah satu permasalahan yang dialami oleh ketiga persimpangan ini adalah terjadinya *bottleneck* pada persimpangan kedua (Persimpangan Pasar Keputeran), tepatnya terdapat pada ruas jalan Dinoyo arah utara. Dari temuan ini, variasi alternatif yang dibuat haruslah dapat mengakomodasi waktu tunggu yang lebih sedikit untuk ruas jalan ini, dengan cara mengatur antrian dari volume kendaraan yang masuk dari Jalan Dinoyo Selatan, Jalan Polisi Istimewa, dan juga Jalan Pajajaran. Dari analisa diatas, hipotesa yang didapatkan adalah dengan mengatur ruas jalan dengan volume kendaraan yang besar dikombinasikan dengan waktu lampu merah pada lampu lalu lintasnya yang lebih pendek divariasikan dengan ruas jalan yang volume kendaraan lebih kecil dikombinasikan dengan waktu lampu merah yang lebih panjang. Selain *scope* per waktu siklus pada persimpangan diamati, waktu lampu lalu lintas per ruas jalan juga harus diamati. Waktu lampu merah yang lebih sedikit pada ruas Jalan Dinoyo arah utara harus diperpendek, dan waktu lampu merah pada ruas Jalan Pandegiling dan Jalan Keputeran yang diperpanjang akan menghasilkan total kerugian yang lebih kecil.

#### **5.2 Pembahasan Model**

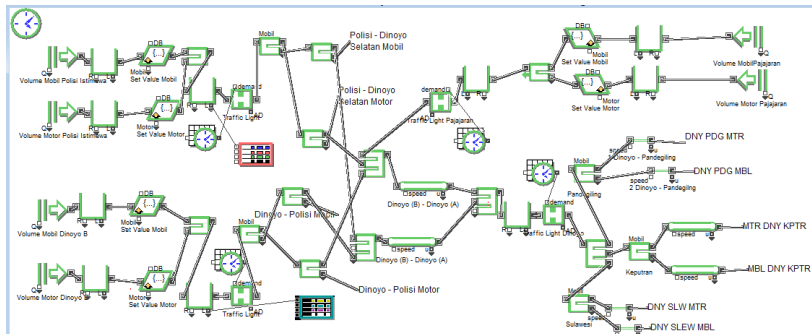
Model analisa yang dibuat dibagi menjadi tiga bagian, yang ditunjukkan pada gambar 5.1, gambar 5.2, dan gambar 5.3.



Gambar 5.1 Model Persimpangan 1



Gambar 5.2 Model Persimpangan 2



Gambar 5.3 Model Persimpangan 3

Pada model diatas, volume kendaraan ditunjukkan dengan blok *Create* yang memiliki data input berupa distribusi yang mewakili *interrival time* dari setiap ruas jalan yang diamati. Setelah itu, kendaraan memasuki blok *Value* yang membedakan antara sepeda motor dan mobil. Kemudian kendaraan berjalan menuju masing-masing antrian, dimana waktu yang dibutuhkan untuk kendaraan berjalan menuju antrian ditunjukkan dengan blok *Convey*, yang memiliki data waktu pergerakan yang berbeda antara mobil dan sepeda motor. Kemudian, kendaraan memasuki blok *Queue* yang mewakili antrian kendaraan, dimana kendaraan menunggu waktu lampu hijau menyala yang ditunjukkan dengan blok *Gate* dan blok *Schedule*. Setelah itu, disimulasikan waktu yang dibutuhkan kendaraan untuk bergerak keluar dari antrian menggunakan blok *Activity* dan blok *Convey*, yang waktu penyeberangannya diatur dengan blok *constant*. Kemudian, untuk mensimulasikan waktu penyeberangan antar ruas jalan, digunakan blok *Convey*. Setelah itu, mengikuti probabilitas penyeberangan kendaraan yang ada pada blok *Select DE Input*, kendaraan berjalan menuju ruas jalan destinasi masing-masing, dan kendaraan terus berjalan hingga mencapai blok *Exit*.

### 5.3 Analisa Model Referensi

Untuk membandingkan model yang dibuat pada *simulator software* dengan kondisi riil di jalan, digunakan referensi *average waiting time* atau waktu tunggu rata-rata yang dialami kendaraan pada tiap-tiap ruas jalan yang diamati. Tabel 5.1 menunjukkan perbandingan *average waiting time* pada model dan pada keadaan sebenarnya.

Tabel 5.1 Perbandingan *Average Waiting Time* Model dan Riil

Persimpangan	Waktu Tunggu Rata-rata Riil (detik)	Waktu Tunggu Rata-rata Model (detik)
<b>A.</b> Sulawesi – Sulawesi (II)	35.43	38.79
<b>B.</b> Sulawesi – Ngagel Raya	15.60	17.544
<b>C.</b> Ngagel Raya	34.41	32.882
<b>D.</b> Sumatera	34.42	33.901
<b>E.</b> Sulawesi - Dinoyo	32.90	36.524
<b>F.</b> Sulawesi - Pandegiling	125.61	132.013
<b>G.</b> Keputran	57.21	56.61
<b>H.</b> Pandegiling - Dinoyo	58.94	56.55
<b>I.</b> Pandegiling - Sulawesi	38.90	36.75
<b>J.</b> Dinoyo (Persimpangan Pasar Keputran)	420.70	413.92
<b>K.</b> Dinoyo (Selatan) – Polisi Istimewa	11.29	13.89
<b>L.</b> Polisi Istimewa – Dinoyo	16.47	18.57
<b>M.</b> Dinoyo (Utara A) – Dinoyo (Utara B)	18.41	19.71

Dengan perbandingan di atas dan dengan *confidence interval* sebesar 95%, dapat disimpulkan bahwa model referensi sudah menyerupai keadaan sebenarnya.

### 5.3.1 Analisa Kerugian

Untuk menganalisa kerugian yang terjadi pada ruas jalan yang diamati, digunakan perhitungan menggunakan volume kendaraan yang melewati ruas jalan dalam satuan SMP (Satuan Mobil Penumpang) dan *average waiting time*.

Dari estimasi yang menggunakan harga pasar penyewaan mobil (*lightweight vehicle*), dapat diestimasikan bahwa nilai dari 1 detik.SMP/detik sama dengan Rp. 15 rupiah. Estimasi ini digunakan untuk membantu melakukan perhitungan total kerugian dalam satuan rupiah.

*Peak time* total adalah selama 5 jam, yaitu pada pagi hari (07.00 – 09.00) dan sore hari (15.00 -18.00), dan pada jam-jam aktif bukan jam puncak, diestimasikan waktu tunggu rata-rata adalah 70 % dari waktu tunggu pada jam puncak, volume kendaraan yang masuk masing-masing ruas jalan adalah 60% dari volume di jalan puncak, dan kerugian pada saat tengah malam hingga dini hari (00.00 – 05.00) dapat diabaikan. Tabel 5.2 menunjukkan hasil analisa kerugian ruas jalan pada *peak time* dan tabel 5.3 menunjukkan hasil analisa kerugian ruas jalan pada jam aktif bukan *peak time*.

Tabel 5.2 Analisa Kerugian Ruas Jalan yang Diamati  
Pada *Peak Time*

Jalan	<i>Average Waiting Time</i> (detik)	Total (SMP/Jam)	Total Kerugian (SMP/Jam * <i>average waiting time</i> )	Total Kerugian (detik.SMP /detik)	Total Kerugian (rupiah)
<b>A.</b> Sulawesi	35.43	1659	57285.27	15.91	238.65
<b>B.</b> Ngagel Raya	34.41	754	25945.14	7.21	108.15

<b>C.</b> Sumatera	34.42	247	8501.74	2.36	35.4
<b>D.</b> Keputeran	57.21	182	10412.22	2.89	43.35
<b>E.</b> Pandegiling	58.94	1349	79510.06	22.09	331.35
<b>F.</b> Polisi Istimewa	16.47	1518	25001.46	6.95	104.25
<b>G.</b> Dinoyo (Arah Utara)	18.41	1500	27615	7.67	115.05
<b>H.</b> Dinoyo (Persimpangan Pasar Keputran)	420.70	2463	1036184.1	287.83	4317.45
<b>TOTAL</b>				352.91	5293.75

**Tabel 5.3 Analisa Kerugian Ruas Jalan yang Diamati  
Pada Jam Biasa**

Jalan	<i>Average Waiting Time</i> (detik)	Total (SMP/Jam)	Total Kerugian (SMP/Jam * <i>average waiting time</i> )	Total Kerugian per detik (detik.SMP /detik)	Total Kerugian (rupiah)
<b>A.</b> Sulawesi	24.80	995	24676	6.85	102.82
<b>B.</b> Ngagel Raya	24.08	453	10893.8	3.03	45.4
<b>C.</b> Sumatera	24.09	148	3570.14	0.99	14.9
<b>D.</b> Keputeran	40.05	109	4373.5	1.22	18.22
<b>E.</b> Pandegiling	41.26	809.4	33395.84	9.28	139.15
<b>F.</b> Polisi Istimewa	11.53	910.8	10501.52	2.92	43.76
<b>G.</b> Dinoyo (Arah Utara)	12.89	900	11601	3.22	48.34
<b>H.</b> Dinoyo (Persimpangan Pasar Keputran)	252.42	1477.8	373026.28	103.62	1554.28
<b>TOTAL</b>				131.13	1966.87

Maka, kerugian yang dialami per tahun dapat dirumuskan sebagai berikut :

*Kerugian per tahun*

$$= (Total\ kerugian\ peak\ time \times 3600 \times 5 \times 365)$$

$$+ (Total\ kerugian\ jam\ biasa \times 3600 \times 14 \times 365)$$

Dari rumus di atas, didapatkan estimasi kerugian per tahun dari keadaan sekarang ini adalah sebesar **Rp. 70,962,478,020** dari kerugian materi yang dialami pada kendaraan yang mengantri.

Volume yang melewati ruas jalan **H** pada tabel dihitung dengan menjumlahkan volume kendaraan dari ruas jalan Dinoyo (arah utara), Polisi Istimewa, dan Pajajaran, dengan menghitung juga probabilitas dari setiap ruas jalan yang menuju persimpangan Pasar Keputran. Dari perhitungan ini, dapat dilihat bahwa konsentrasi kendaraan terbesar ada pada Persimpangan Pasar Keputran, yang melibatkan volume kendaraan dari arah Jalan Dinoyo, Jalan Polisi Istimewa, dan Jalan Pajajaran. Dari sini, dapat dilaksanakan variasi alternatif yang akan diimplementasikan pada model referensi untuk pembuatan model alternatif.

## 5.4 Model Alternatif

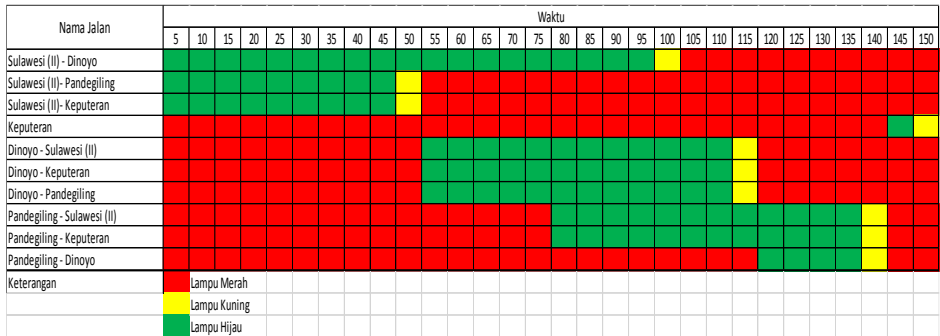
Pembuatan model alternatif didasari dengan tujuan untuk mengurangi total kerugian yang dialami kendaraan. Karena volume kendaraan yang masuk nilainya tidak berubah, maka model alternatif difokuskan untuk reduksi *waiting time* dari kendaraan.

### 5.4.1 Alternatif 1: Penambahan Waktu Pada Siklus *Traffic Light*

Di model alternatif pertama ini, akan dilakukan penambahan waktu siklus pada lampu-lampu lalu lintas di persimpangan pertama dan kedua untuk dilihat pengaruhnya pada waktu tunggu antrian yang dialami oleh kendaraan.

Penambahan waktu siklus akan dilakukan pada persimpangan 2, lebih tepatnya pada bagian siklus lampu untuk ruas Jalan Dinoyo dan ruas Jalan Sulawesi - Pandegiling. Penambahan waktu lampu hijau pada siklus adalah sebesar 10

detik, dengan mengurangi 10 detik dari waktu lampu hijau ruas Jalan Pandegiling – Dinoyo. Maka siklus lampu lalu lintas persimpangan dua ditunjukkan pada Gambar 5.1. Tabel 5.4 menunjukkan analisa kerugian pada *peak time*, dan Tabel 5.5 menunjukkan analisa kerugian pada jam aktif bukan *peak time*.



Gambar 5.4 Siklus Lampu Lalu Lintas Alternatif 1

Tabel 5.4 Analisa Kerugian Alternatif Pertama *Peak Time*

Jalan	Average Waiting Time (detik)	Total (SMP /Jam)	Total Kerugian (SMP/Jam * average waiting time)	Total Kerugian alternatif (detik.SMP /detik)	Total Kerugian (detik.SMP /detik) referensi	Total Kerugian (rupiah) alternatif	Total Kerugian (rupiah) referensi
<b>A.</b> Sulawesi	35.88	1659	52923	14.7	15.91	220.58	238.65
<b>B.</b> Ngagel Raya	34.66	754	20137.46	5.59	7.21	83.85	108.15
<b>C.</b> Sumatera	33.954	247	6214.89	1.73	2.36	25.95	35.4
<b>D.</b> Keputeran	58.45	182	7890.75	2.19	2.89	32.85	43.35
<b>E.</b> Pandegiling	57.21	1349	62873.79	17.46	22.09	261.9	331.35
<b>F.</b> Polisi Istimewa	15.11	1518	18419.09	5.12	6.95	76.8	104.25
<b>G.</b> Dinoyo (Arah Utara)	18.331	1500	22198.84	6.17	7.67	92.55	115.05
<b>H.</b> Dinoyo (Persimpan	365.701	2463	900721.56	250.20	287.83	3753	4317.45



gan Pasar Keputran)							
TOTAL				303.16	341.6	4547.48	5293.75

Tabel 5.5 Analisa Kerugian Alternatif Pertama Jam Biasa

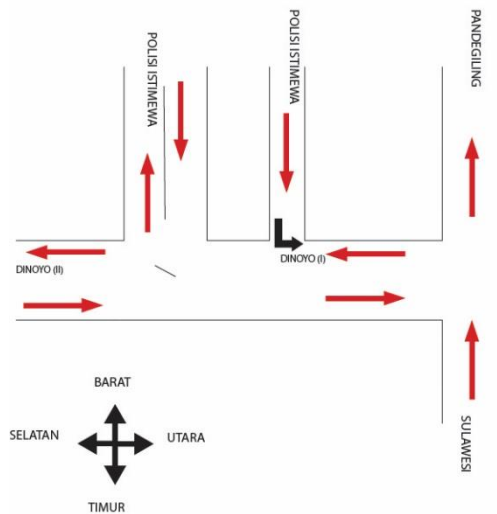
Jalan	<i>Average Waiting Time (detik)</i>	Total (SMP /Jam)	Total Kerugian (SMP/Jam * <i>average waiting time</i> )	Total Kerugian (detik.SMP /detik) alternatif	Total Kerugian (detik.SMP /detik) referensi	Total Kerugian (rupiah) alternatif	Total Kerugian (rupiah) referensi
<b>A.</b> Sulawesi	25.12	995	24990.42	6.94	6.85	104.13	102.82
<b>B.</b> Ngagel Raya	24.26	453	10990.69	3.05	3.03	45.79	45.4
<b>C.</b> Sumatera	23.76	148	3517.63	0.98	0.99	14.65	14.9
<b>D.</b> Keputeran	40.92	109	4459.74	1.24	1.22	18.56	18.22
<b>E.</b> Pandegiling	40.05	809.4	32414.04	9.00	9.28	135	139.15
<b>F.</b> Polisi Istimewa	11.039	910.8	10054.32	2.79	2.92	41.89	43.76
<b>G.</b> Dinoyo (Arah Utara)	12.83	900	11548.53	3.21	3.22	48.11	48.34
<b>H.</b> Dinoyo (Persimpangan Pasar Keputran)	219.42	1477.8	324259.77	90.07	103.62	1351.08	1554.28
TOTAL				117.38	131.13	1760.7	1966.87

Maka, total kerugian per tahun yang dialami ruas-ruas jalan pada alternatif 1 ini adalah senilai **Rp.62,268,883,200** dalam kerugian materi.

Dapat dilihat bahwa ada penurunan total kerugian sebesar Rp. 8,693,594,820. Hal ini menunjukkan bahwa apabila dilakukan penambahan waktu lampu hijau untuk Jalan Dinoyo dengan mengorbankan waktu lampu hijau ruas Jalan Pandegiling, maka akan terjadi penurunan nilai kerugian, karena kontributor terbesar dari nilai kerugian ini adalah waktu tunggu antrian pada ruas Jalan Dinoyo. Sedangkan untuk waktu tunggu ntriannya didapatkan sebagai berikut:

### 5.4.2 Alternatif 2 : Ruas Jalan Pajajaran Dijadikan Simpang Bersinyal

Ruas Jalan Pajajaran merupakan salah satu kontributor utama volume kendaraan ke lampu lalu lintas Dinoyo. Pengaturan volume kendaraan sulit dilakukan karena persimpangan ini merupakan persimpangan tak bersinyal. Gambar 5.2 menunjukkan *layout* persimpangan ketiga.



Gambar 5.5 Volume Kendaraan dari Jalan Pajajaran

Maka dari itu, alternatif selanjutnya adalah variasi gabungan model alternatif pertama dengan model Jalan Pajajaran dijadikan persimpangan bersinyal. Pengaturan sinyal ditunjukkan oleh Gambar 5.3.

Nama Jalan	Waktu																			
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
Dinoyo - Polisi Istimewa																				
Polisi Istimewa - Dinoyo																				
Polisi Istimewa - Dinoyo (II)																				
Dinoyo (II)																				
Pajajaran - Dinoyo																				

**Gambar 5.6 Pengaturan Siklus Lampu Lalu Lintas  
Variasi 2**

Maka dari itu, dipastikan volume kendaraan yang memasuki ruas Jalan Dinoyo akan semakin sedikit. Tabel 5.6 menunjukkan analisa kerugian pada jam *peak time* dan Tabel 5.7 menunjukkan analisa kerugian pada jam aktif bukan *peak time*.

**Tabel 5.6 Analisa Kerugian Alternatif Kedua *Peak Time***

Jalan	Average Waiting Time (detik)	Total (SMP /Jam)	Total Kerugian (SMP/Jam * average waiting time)	Total Kerugian (detik.SMP /detik) alternatif	Total Kerugian (detik.SMP /detik) referensi	Total Kerugian (rupiah) alternatif	Total Kerugian (rupiah) referensi
<b>A.</b> Sulawesi	32.66	1659	54182.94	15.05	15.91	225.76	238.65
<b>B.</b> Ngagel Raya	33.95	754	25598.3	7.11	7.21	106.66	108.15
<b>C.</b> Sumatera	33.954	247	8386.64	2.33	2.36	34.94	35.4
<b>D.</b> Keputran	52.73	182	9596.86	2.66	2.89	39.99	43.35
<b>E.</b> Pandegiling	55.31	1349	74613.19	20.73	22.09	310.88	331.35
<b>F.</b> Polisi Istimewa	12.19	1518	18504.42	5.14	6.95	77.10	104.25
<b>G.</b> Dinoyo (Arah Utara)	16.77	1500	25155	6.99	7.67	104.82	115.05
<b>H.</b> Dinoyo (Persimpangan Pasar Keputran)	277.02	2463	682300.26	189.53	287.83	2842.92	4317.45
<b>TOTAL</b>				249.54	341.6	3743.07	5293.75

Tabel 5.7 Analisa Kerugian Alternatif Kedua Jam Biasa

Jalan	Average Waiting Time (detik)	Total (SMP/Jam)	Total Kerugian (SMP/Jam * average waiting time)	Total Kerugian (detik.SMP /detik) alternatif	Total Kerugian (detik.SMP /detik) referensi	Total Kerugian (rupiah) alternatif	Total Kerugian (rupiah) referensi
A. Sulawesi	22.86	995	22747.69	6.32	6.85	94.78	102.82
B. Ngagel Raya	23.77	453	10765.55	2.99	3.03	44.9	45.4
C. Sumatera	23.77	148	3517.63	0.98	0.99	14.65	14.9
D. Keputeran	36.91	109	4023.3	1.11	1.22	16.50	18.22
E. Pandegiling	38.72	809.4	31337.54	8.70	9.28	130.57	139.15
F. Polisi Istimewa	8.53	910.8	7771.86	2.16	2.92	32.38	43.76
G. Dinoyo (Arah Utara)	11.74	900	10565.1	2.93	3.22	44.02	48.34
H. Dinoyo (Persimpangan Pasar Keputran)	166.212	1477.8	245628.09	68.23	103.62	1351.08	1554.28
TOTAL				93.42	131.13	1401.3	1966.87

Maka, total kerugian per tahun yang dialami ruas-ruas jalan pada alternatif 2 ini adalah senilai **Rp 50,369,824,800** dalam kerugian materi.

Dari total kerugian diatas dapat diperhatikan bahwa terdapat penurunan nilai kerugian sebesar Rp. 20,592,653,220. Hal ini menunjukkan bahwa arus kendaraan yang datang dari Jalan Pajajaran memberikan andil sangat besar terhadap total volume kendaraan yang memasuki ruas Jalan Dinoyo dan pengaturannya akan memastikan di tahap waktu tertentu, hanya satu ruas jalan, yaitu Jalan Dinoyo Selatan, Jalan Polisi Istimewa, atau Jalan Pajajaran yang memberikan volume kendaraan ke persimpangan Jalan Keputeran.

### 5.4.3 Alternatif 3: Penambahan Waktu Siklus Lampu Lalu Lintas

Dari alternatif 1, dilihat bahwa ada penurunan nilai kerugian apabila dilakukan modifikasi waktu lampu lalu lintas.

Maka dari itu, pada alternatif ke tiga ini, dilakukan variasi lama siklus dari lampu lalu lintas. Pada persimpangan 1 dan 3 yang tadinya memiliki waktu siklus selama 100 detik, pada model ini diperpanjang menjadi 110 detik, dan pada persimpangan 2 ditambahkan dari 150 detik menjadi 165 detik. Gambar 5.4 menunjukkan siklus lampu lalu lintas pada persimpangan 1, gambar 5.5 menunjukkan siklus lampu lalu lintas pada persimpangan 2, dan gambar 5.6 menunjukkan siklus lampu lalu lintas pada persimpangan 3.

Nama Jalan	Waktu																					
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110
Sulawesi - Sulawesi (II)																						
Sulawesi - Ngagel																						
Sulawesi - Sumatera																						
Ngagel - Sulawesi																						
Ngagel - Sumatera																						
Sulawesi (III) - Ngagel																						
Sulawesi (III) - Sulawesi																						
Sumatera																						

Gambar 5.7 Siklus Lampu Lalu Lintas Persimpangan 1 Alternatif

3

Nama Jalan	Waktu																																	
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165	
Sulawesi (II) - Dinoyo																																		
Sulawesi (II)- Pandegiling																																		
Sulawesi (II)- Keputeran																																		
Keputeran																																		
Dinoyo - Sulawesi (II)																																		
Dinoyo - Keputeran																																		
Dinoyo - Pandegiling																																		
Pandegiling - Sulawesi (II)																																		
Pandegiling - Keputeran																																		
Pandegiling - Dinoyo																																		
Keterangan																																		

Gambar 5.8 Siklus Lampu Lalu Lintas Persimpangan 2 Alternatif

3

Nama Jalan	Waktu																					
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110
Dinoyo - Polisi Istimewa																						
Polisi Istimewa - Dinoyo																						
Polisi Istimewa - Dinoyo (II)																						
Dinoyo (II)																						

Gambar 5.9 Siklus Lampu Lalu Lintas Persimpangan 3 Alternatif

3

Kemudian, dari siklus diatas, didapatkan hasil analisa kerugian pada model di saat *peak time* pada tabel 5.8, dan kerugian pada saat jam aktif bukan *peak time* ditunjukkan pada tabel 5.9.

**Tabel 5.8 Analisa Kerugian Alternatif Ketiga *Peak Time***

Jalan	Average Waiting Time (detik)	Total (SMP/ Jam)	Total Kerugian (SMP/Jam * average waiting time)	Total Kerugian (detik.SMP /detik) alternatif	Total Kerugian (detik.SMP /detik) referensi	Total Kerugian (rupiah) alternatif	Total Kerugian (rupiah) referensi
<b>A.</b> Sulawesi	29.64	1659	49172.76	13.65	15.91	204.89	238.65
<b>B.</b> Ngagel Raya	32.14	754	24233.56	6.73	7.21	100.97	108.15
<b>C.</b> Sumatera	28.54	247	7049.38	1.96	2.36	29.4	35.4
<b>D.</b> Keputeran	67.38	182	12263.16	3.41	2.89	51.10	43.35
<b>E.</b> Pandegiling	53.03	1349	71537.47	19.87	22.09	298.07	331.35
<b>F.</b> Polisi Istimewa	23.75	1518	36052.5	10.01	6.95	150.22	104.25
<b>G.</b> Dinoyo (Arah Utara)	29.96	1500	35940	9.98	7.67	149.75	115.05
<b>H.</b> Dinoyo (Persimpangan Pasar Keputran)	261.52	2463	644123.8	178.92	287.83	2642.92	4317.45
<b>TOTAL</b>				249.03	341.6	3335.46	5293.75

**Tabel 5.9 Analisa Kerugian Alternatif Ketiga Jam Biasa**

Jalan	Average Waiting Time (detik)	Total (SMP/ Jam)	Total Kerugian (SMP/Jam * average waiting time)	Total Kerugian (detik.SMP /detik) alternatif	Total Kerugian (detik.SMP /detik) referensi	Total Kerugian (rupiah) alternatif	Total Kerugian (rupiah) referensi
<b>A.</b> Sulawesi	20.75	995	20644.26	5.74	6.85	86.02	102.82
<b>B.</b> Ngagel Raya	22.5	453	10191.59	2.83	3.03	42.46	45.4
<b>C.</b> Sumatera	19.98	148	2956.74	0.82	0.99	12.32	14.9
<b>D.</b> Keputeran	47.17	109	5141.1	1.43	1.22	21.42	18.22
<b>E.</b> Pandegiling	37.12	809.4	30045.74	8.35	9.28	125.19	139.15
<b>F.</b> Polisi Istimewa	16.63	910.8	15142.05	4.21	2.92	63.09	43.76
<b>G.</b> Dinoyo (Arah Utara)	20.97	900	18874.8	5.24	3.22	78.65	48.34

<b>H.</b>	Dinoyo (Persimpangan Pasar Keputran)	156.91	1477.8	231884.55	64.41	103.62	966.19	1554.28
TOTAL					93.03	131.13	1395.45	1966.87

Maka, total kerugian per tahun yang dialami ruas-ruas jalan pada alternatif 3 ini adalah senilai **Rp. 45,330,930,400** dalam kerugian materi.

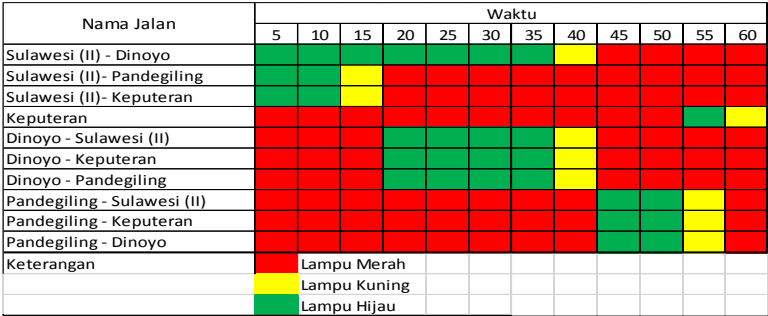
Dari tabel diatas terlihat terdapat penurunan kerugian senilai Rp. 25,631,547,620. Nilai ini sangat mendekati dengan nilai yang ditunjukkan alternatif kedua.

#### 5.4.4 Alternatif 4 : Pemendekan Waktu Siklus Lampu Lalu Lintas

Dari alternatif 1, dilihat bahwa ada penurunan nilai kerugian apabila dilakukan modifikasi waktu lampu lalu lintas. Maka dari itu, pada alternatif ke empat ini, dilakukan variasi lama siklus dari lampu lalu lintas. Pada persimpangan 1 dan 3 yang tadinya memiliki waktu siklus selama 100 detik, pada model ini diperpendek menjadi 30 detik, dan pada persimpangan 2 dikurangi dari 150 detik menjadi 30 detik. Gambar 5.7 menunjukkan siklus lampu lalu lintas persimpangan 1, gambar 5.8 menunjukkan siklus lampu lalu lintas persimpangan 2, dan gambar 5.9 adalah siklus lampu lalu lintas pada persimpangan 3.

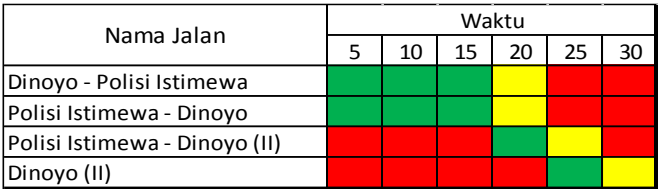
Nama Jalan	Waktu					
	5	10	15	20	25	30
Sulawesi - Sulawesi (II)	Green	Green	Yellow	Red	Red	Red
Sulawesi - Ngagel	Green	Green	Yellow	Red	Red	Red
Sulawesi - Sumatera	Green	Green	Yellow	Red	Red	Red
Ngagel - Sulawesi	Red	Red	Green	Yellow	Red	Red
Ngagel - Sumatera	Red	Red	Green	Yellow	Red	Red
Sulawesi (III) - Ngagel	Green	Green	Yellow	Red	Red	Red
Sulawesi (III) - Sulawesi	Green	Green	Yellow	Red	Red	Red
Sumatera	Red	Red	Red	Red	Green	Yellow

Gambar 5.10 Siklus Lampu Lalu Lintas Persimpangan 1  
Alternatif 4



Gambar 5.11 Siklus Lampu Lalu Lintas Persimpangan 2 Aternatif

4



Gambar 5.12 Siklus Lampu Lalu Lintas Persimpangan 3 Alternatif 4

Dari pengaturan tersebut, analisa kerugian ditunjukkan pada tabel 5.10 pada saat *peak time* dan juga analisa kerugian saat jam aktif ditunjukkan pada tabel 5.11.

Tabel 5.10 Analisa Kerugian Alternatif Keempat *Peak Time*

Jalan	Average Waiting Time (detik)	Total (SMP/ Jam)	Total Kerugian (SMP/Jam * average waiting time)	Total Kerugian (detik.SMP /detik) alternatif	Total Kerugian (detik.SMP /detik) referensi	Total Kerugian (rupiah) alternatif	Total Kerugian (rupiah) referensi
A. Sulawesi	29.26	1659	48542.34	13.49	15.91	202.26	238.65
B. Ngagel Raya	38.71	754	29187.34	8.11	7.21	121.61	108.15
C. Sumatera	31.52	247	7785.44	2.16	2.36	32.44	35.4
D. Keputeran	70.36	182	12805.52	3.56	2.89	53.36	43.35
E. Pandegiling	48.53	1349	65466.97	18.19	22.09	272.78	331.35
F. Polisi Istimewa	28.52	1518	43293.36	12.03	6.95	180.39	104.25



<b>G.</b>	Dinoyo (Arah Utara)	29.11	1500	43655	12.13	7.67	181.94	115.05
<b>H.</b>	Dinoyo (Persimpangan Pasar Keputran)	245.44	2463	604518.72	167.92	287.83	2518.83	4317.45
<b>TOTAL</b>					237.59	341.6	3563.85	5293.75

**Tabel 5.11 Analisa Kerugian Alternatif Keempat Jam Biasa**

Jalan	<i>Average Waiting Time</i> (detik)	Total (SMP/Jam)	Total Kerugian (SMP/Jam * <i>average waiting time</i> )	Total Kerugian (detik.SMP /detik) alternatif	Total Kerugian (detik.SMP /detik) referensi	Total Kerugian (rupiah) alternatif	Total Kerugian (rupiah) referensi
<b>A.</b> Sulawesi	20.48	995	20337.6	5.66	6.85	84.91	102.82
<b>B.</b> Ngagel Raya	27.10	453	12276.3	3.41	3.03	51.15	45.4
<b>C.</b> Sumatera	22.06	148	3264.88	0.91	0.99	13.61	14.9
<b>D.</b> Keputran	49.25	109	5368.25	1.49	1.22	22.37	18.22
<b>E.</b> Pandegiling	33.97	809.4	27495.32	7.64	9.28	114.56	139.15
<b>F.</b> Polisi Istimewa	19.97	910.8	18188.68	5.05	2.92	75.79	43.76
<b>G.</b> Dinoyo (Arah Utara)	20.38	900	18342	5.09	3.22	76.35	48.34
<b>H.</b> Dinoyo (Persimpangan Pasar Keputran)	182.81	1477.8	270010.37	75.01	103.62	1125.04	1554.28
<b>TOTAL</b>				104.26	131.13	1563.9	1966.87

Maka, total kerugian per tahun yang dialami ruas-ruas jalan pada alternatif 4 ini adalah senilai **Rp. 52,183,998,900** dalam kerugian materi.

Dari tabel diatas, terlihat terdapat penurunan yang cukup tajam pada kerugian, senilai Rp. 32,813,372,320. Hal ini disebabkan oleh karena siklus yang pendek dapat membuat kendaraan yang datang akan menunggu dalam antrian lebih sebentar meskipun bersamaan dengan waktu lampu hijau yang juga lebih sebentar.

### 5.4.5 Alternatif 5: Gabungan Modifikasi Siklus Lalu Lintas dan Pembuatan Simpang Bersinyal Pada Ruas Jalan Pajajaran

Dari alternatif yang sudah dimodelkan, model terbaik adalah alternatif pembuatan simpang bersinyal pada Jalan Pajajaran dan implementasi modifikasi siklus lalu lintas dengan mempertimbangkan volume kendaraan per ruas jalan. Maka, model kelima yang akan dibuat adalah model gabungan antara dua model yang disebutkan diatas. Dari alternatif ini, tabel 5.12 menunjukkan analisa kerugian alternatif ini saat *peak time*, dan tabel 5.13 menunjukkan analisa kerugian alternatif ini saat jam aktif bukan puncak.

Tabel 5.12 Analisa Kerugian Alternatif Kelima *Peak Time*

Jalan	Average Waiting Time (detik)	Total (SMP/ Jam)	Total Kerugian (SMP/Jam * average waiting time)	Total Kerugian (detik.SMP /detik) alternatif	Total Kerugian (detik.SMP /detik) referensi	Total Kerugian (rupiah) alternatif	Total Kerugian (rupiah) referensi
<b>A.</b> Sulawesi	20.58	1659	34142.22	9.49	15.91	142.30	238.65
<b>B.</b> Ngagel Raya	29.14	754	21971.56	6.10	7.21	91.54	108.15
<b>C.</b> Sumatera	21.57	247	5327.79	1.48	2.36	22.19	35.4
<b>D.</b> Keputeran	52.72	182	9595.04	2.67	2.89	39.98	43.35
<b>E.</b> Pandegilin g	44.65	1349	60232.85	16.73	22.09	250.97	331.35
<b>F.</b> Polisi Istimewa	12.51	1518	18990.18	5.28	6.95	79.13	104.25
<b>G.</b> Dinoyo (Arah Utara)	16.74	1500	25110	6.98	7.67	104.63	115.05
<b>H.</b> Dinoyo (Persimpangan Pasar Keputran)	200.67	2463	494250.21	137.29	287.83	2059.35	4317.45
TOTAL				186.02	341.6	2790.3	5293.75

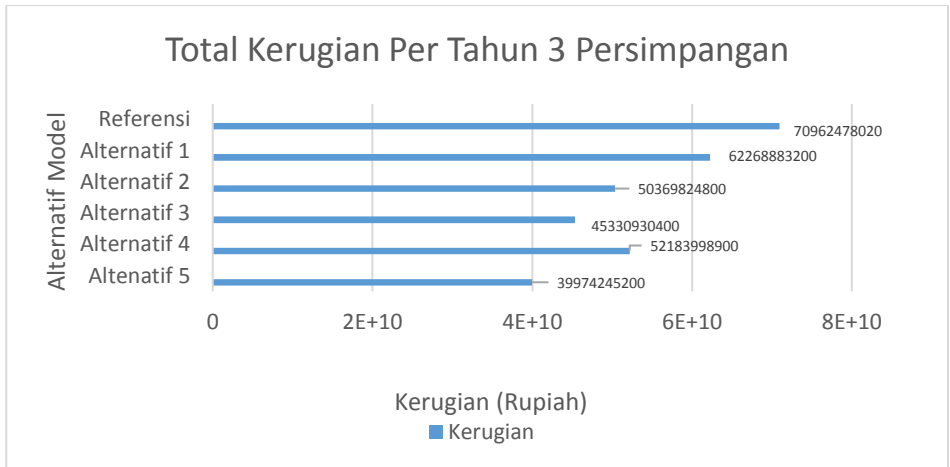
Tabel 5.13 Analisa Kerugian Alternatif Kelima Jam Biasa

Jalan	Average Waiting Time (detik)	Total (SMP/Jam)	Total Kerugian (SMP/Jam * average waiting time)	Total Kerugian (detik.SMP /detik) alternatif	Total Kerugian (detik.SMP /detik) referensi	Total Kerugian (rupiah) alternatif	Total Kerugian (rupiah) referensi
<b>A.</b> Sulawesi	14.41	995	14337.95	3.99	6.85	59.74	102.82
<b>B.</b> Ngagel Raya	20.39	453	9236.67	2.57	3.03	38.49	45.4
<b>C.</b> Sumatera	15.40	148	2279.2	0.63	0.99	9.50	14.9
<b>D.</b> Keputeran	36.90	109	4022.1	1.12	1.22	16.76	18.22
<b>E.</b> Pandegiling	31.26	809.4	25301.84	7.03	9.28	105.42	139.15
<b>F.</b> Polisi Istimewa	9.07	910.8	8256.40	2.29	2.92	34.40	43.76
<b>G.</b> Dinoyo (Arah Utara)	11.72	900	10548	2.93	3.22	43.95	48.34
<b>H.</b> Dinoyo (Persimpangan Pasar Keputran)	140.97	1477.8	208325.47	57.87	103.62	868.02	1554.28
TOTAL				78.43	131.13	1176.45	1966.87

Maka, total kerugian per tahun yang dialami ruas-ruas jalan pada alternatif 4 ini adalah senilai **Rp. 39,974,245,200** dalam kerugian materi.

### 5.5 Analisa Perbandingan Alternatif

Dari model referensi dan alternatif-alternatif yang sudah dibuat, analisa perbandingan referensi dan alternatif ditunjukkan pada gambar 5.10.



**Gambar 5.13 Grafik Perbandingan Total Kerugian Antar Alternatif dan Referensi**

Dari data diatas, dapat disimpulkan bahwa kerugian paling sedikit ditimbulkan oleh alternatif 5, yaitu model dengan modifikasi lama waktu lampu lalu lintas dengan perbandingan volume per ruas jalan dan pengadaan lampu lalu lintas ruas Jalan Pajajaran yang merupakan jalan yang memiliki persimpangan tak bersinyal yang volume kendaraannya masuk ke ruas Jalan Dinoyo arah utara (*northbound*). Pengurangan yang terjadi dari model alternatif disebabkan oleh pengaturan volume kendaraan yang masuk dari arah Pajajaran menuju Dinoyo oleh lampu lalu lintas, dimana ruas Jalan Dinoyo *northbound* tersebut juga mendapat volume kendaraan dari arah Jalan Polisi Istimewa dan dari Polisi Istimewa yang memberikan volume kendaraan yang cukup besar.

## **BAB VI**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **6.1 Kesimpulan**

Dari hasil simulasi yang dibuat pada Tugas Akhir ini, didapatkan kesimpulan-kesimpulan sebagai berikut:

1. Model simulasi referensi dari adalah persimpangan Jalan Sulawesi – Jalan Sumatera – Jalan Ngagel Raya ,Jalan Sulawesi – Jalan Keputeran – Jalan Pandegiling – Jalan Dinoyo, dan juga persimpangan Jalan Dinoyo – Jalan Polisi Istimewa dapat dibuat dengan total kerugian sebesar **Rp. 70,692,478,020** per tahunnya.
2. Model simulasi alternatif yang bertujuan untuk mengurangi waktu antrian dan total kerugian dapat dibuat, dengan 5 buah alternatif, dimana alternatif pertama adalah modifikasi waktu lampu merah dan hijau dari persimpangan tanpa penambahan atau pengurangan waktu siklus, alternatif kedua adalah pembuatan simpang bersinyal pada ruas Jalan Pajajaran, alternatif ketiga adalah dengan penambahan waktu siklus lampu lalu lintas di ketiga persimpangan, alternatif keempat adalah pengurangan waktu siklus lampu lalu lintas di ketiga persimpangan, dan alternatif terakhir adalah gabungan antara modifikasi durasi lampu lalu lintas dan pembuatan simpang bersinyal pada ruas Jalan Pajajaran.
3. Model alternatif yang menghasilkan total kerugian paling sedikit berhasil dibuat, yaitu model alternatif kelima, dengan total kerugian sebesar **Rp. 39,974,245,200**.

#### **6.2 Saran**

1. Pada ruas jalan yang diamati pada Tugas Akhir ini, yaitu Jalan Sulawesi – Ngagel Raya – Sumatera, persimpangan

Pasar Keputeran, dan Jalan Dinoyo – Polisi Istimewa, sebaiknya diberlakukan lampu lalu lintas dengan mempertimbangkan volume kendaraan yang masuk ruas Jalan Dinoyo arah utara. Pada *peak time*, alternatif yang lebih baik adalah lampu lalu lintas dengan siklus panjang untuk memastikan volume kendaraan yang keluar dari ruas Jalan Dinoyo arah utara berjumlah besar.

2. Pada ruas Jalan Pajajaran, sebaiknya dibuat lampu lalu lintas untuk mengatur volume kendaraan yang masuk ke Jalan Dinoyo arah utara, karena jalan ini yang menjadi sumber kemacetan.
3. Ruas Jalan Pajajaran yang menjadi kontributor volume kendaraan yang cukup besar merupakan persimpangan yang tidak bersinyal. Untuk ruas jalan yang berhubungan dengan jalan-jalan yang padat diusahakan untuk diubah menjadi persimpangan bersinyal.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kelton, W.D and Averill M.Law. (2000). **Simulation Modelling and Analysis**. Departement of Quantitative Analysis and Operation Management, University of Cincinnati, Cincinnati.
- [2] Pasini, L., Feliziani, S., and Giorgi, M., Sept 2005. “*Simulation Of Road Systems And Queuing Network Models*“. Camerino: Departments of Mathematics and Computer Science. University of Camerino.
- [3] Salimifard, K., and Ansari, M., April 2013. “*Modeling and Simulation of Urban Traffic Signals*”. **International Journal of Modeling and Optimization**, Vol. 3, No. 2.
- [4] Sargent, Robert W. (1998). *Verification and validation of simulation models*. **Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference**.
- [5] Savravovs, Mihail. (2009). “*Urban Transport Corridor Mesoscopic Simulation*”. Riga Transport and Telecommunication Institute.
- [6] Sargent, Robert W. (1998). *Verification and validation of simulation models*. **Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference**.
- [7] Voinescu, M., Udrea, A., and Caramihai, S., Oct 2009. “*On Urban Traffic Modelling and Control*”. Bucharest: Control Engineering and Computer Science Faculty, University “Politehnica” of Bucharest 313 Splaiul Independentei.
- [8] Wells, G.R. 1993. *Rekayasa Lalu Lintas*. Translated by Ir. Suwardjoko Warpani. Jakarta: Bratara.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



## BIODATA PENULIS



**Benjamin Indra Prawira** dilahirkan di Jakarta, pada tanggal 3 November 1993. Penulis adalah putra ketiga dari 3 bersaudara dari pasangan Ir. Petrus Boy Kartaatmadja, MT dan Anastasia Triwahyuni.

Penulis memulai pendidikannya di SD Maria Fransiska, sebelum melanjutkan ke SMP Negeri 109 Jakarta, dan menjalani pendidikan di SMA Kolese Kanisius Jakarta, sebelum melanjutkan pendidikan tingkat tinggi di Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada program Strata Satu Teknik Mesin. Penulis mendalami bidang studi Konversi Energi dan Rekayasa Sistem Industri, dan melakukan Tugas Akhir dengan topik Simulasi Lalu Lintas untuk meminimalkan kerugian yang dialami kendaraan.

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam kegiatan internal dan eksternal universitas. Salah satu prestasi yang dicapai penulis adalah mewakili institut dan Indonesia pada *Harvard National Model United Nations 2016* dan bersama tim Institut Teknologi Sepuluh Nopember meraih 3 kemenangan dalam bidang *Social Venture Challenge*. Selain itu, penulis juga aktif pada organisasi Keluarga Mahasiswa Katolik, dan menjabat sebagai Ketua di tahun kepengurusan 2013-2014.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*